86-03070/

The Fisheries Research Board of Canada Reports series encompasses studies, symposia, and special reports.

Report No. 1 — "The Way Ahead" Symposium on the 75th Anniversary of the Fisheries Research Board of Canada.

Report No. 2 — The Fisheries Research Board of Canada — Seventy-Five Years of Achievements. By W. E. Ricker.

Published by

Environment Canada
Fisheries and Marine Service

Publié par

Environnement Canada
Service des pêches et des sciences de la mer

Office of the Editor *Bureau du Rédacteur*
116 Lisgar, Ottawa K1A 0H3

Richelieu Graphics Ltd.
Contract No. KF708-5-0559
Cat No.: Fs 97-10/3

FRB REPORT

Science for Canada's Shelf-Seas Fisheries[1,2]

H. A. REGIER

University of Toronto, Toronto, Ont. M5S 1A1

AND F. D. MCCRACKEN

Department of the Environment, Fisheries Research Board of Canada, Ottawa, Ont. K1A 0H3

Contents

2 ABSTRACT

3 RÉSUMÉ

4 A. A SKETCH OF THE ISSUE
1. Very generally
2. Grotius' assumption
3. Research definitions
4. Study objectives

6 B. A STORY OF CANADA'S SHELF-SEAS FISHERIES
1. Atlantic fisheries
Pre-1947, 1947–57, 1958–74, herring fisheries' case history
2. Pacific fisheries
Salmon, groundfish (excluding halibut), halibut, herring, shrimps.
3. Institutional problems and implications for research
Herring, groundfish, halibut, salmon
4. Beyond 1974

29 C. POLICY PERSPECTIVES: WHAT THE THINKERS THINK
1. Planning process as developing
2. Perceptions, goals, and policies
3. Fundamental perceptions and decisions

33 D. FRAMEWORK FOR TOMORROW'S FISHERIES SCIENCE
1. Client institutions for scientific research
2. A balanced scientific information system
3. A transdisciplinary context for decision-making
4. Implications of the policy that the user pay
5. Cooperative and experimental fishing

39 E. MEETING THE CHALLENGE: ORGANIZATION, PROGRAMS, FACILITIES
1. Mapping
2. Monitoring
3. Management and harvest protocols
4. Synthesis and modeling
5. Facilitation of experimental management
6. Division of labor
7. Planning, performing, and reporting research
8. Scientific credibility
9. Research vessels

43 ACKNOWLEDGMENTS

43 REFERENCES

[1] Reprinted from the *Journal of the Fisheries Research Board of Canada*, 1975, 32(10): 1887–1932.

[2] This report was prepared under contract for the Fisheries Research Board of Canada. The views expressed are those of the author and not necessarily those of the Board.

Abstract

REGIER, H. A., AND F. D. MCCRACKEN. 1975. Science for Canada's shelf-seas fisheries. FRB Report No. 3: 1–46.

From an analysis of major national and international policy issues we judge that a vast cultural and political transformation is now underway. In particular, the common property–open access–willing consent regime towards fisheries development and management will be replaced by some workable alternative. For example, a system of national quotas based on stock by stock total allowable catches, subject to an overall constraint of "full utilization," will likely be found to be impractical. These and related aspects are elaborated for fisheries, and apply also to other resource and environmental issues. Scientific information and research programs must obviously relate to such developments.

Canada is reasonably well endowed with conventional scientific and technical competence on fisheries matters. Important and potentially useful innovative science has languished recently; appropriate institutional infrastructures and planning processes to stimulate and direct fisheries science within the country have been absent for several years. Scientific services on the whole remain unorganized. Given these circumstances our recommendations are aimed toward development of perspectives and mechanisms that will help set the scientific process in motion into new directions where necessary. The major "gap in knowledge" relates to the inability of so many conventional disciplined scientists to understand other disciplines' approaches and we propose a variety of means by which such constraints may be relaxed.

A Canadian perspective for tomorrow's science, related particularly to shelf-seas fisheries resources, should include the following. The client institutions that will use scientific information and insight will likely be organized in three geographic areas: inshore national waters, shelf and nearshore seas, and the distant deep ocean. The three basic components of a balanced scientific information system are: area maps, temporal series of monitored data, and models of causal mechanisms derived from experimentation and simulation. Decision-making is a transdisciplinary activity and appropriate frameworks are needed for identifying relevant research. A policy that users and abusers of resources and the environment should pay for their respective benefits achieved and disbenefits externalized implies that the separate and joint effects of the various uses and abuses be measured. Technical services and scientific research must be made more effective, efficient, and accountable, but must be flexible to accommodate both individual creativity and further political changes.

We recommend that 1) separate foci be identified and appropriate infrastructures be developed for carefully planned transdisciplinary programs in: mapping; monitoring; management–harvest protocols; and modeling research involving synthesis, experimentation, and simulation. 2) New fisheries policies and agency infrastructures now developing should include the capability to undertake sophisticated experimental management on an ongoing basis. 3) Some further explicit division of labor is advisable, within the group of scientific and technical personnel, to produce three sets: technical experts whose work is dictated by programs; mission-oriented generalists to take the lead in planning and directing scientific information services and research activities with special accountability responsibilities; and self-directed creative scientists to innovate and ruminate. 4) Scientific credibility, now slumping, must be recaptured — in part by insulating key scientists from direct political involvement within national and international decision-making. 5) Canada's sea-going research capability is lagging behind that of some other nations and must be enhanced accordingly. These practical recommendations all relate to the five aspects of the broad perspective sketched earlier. The recommendations are not listed in priority sequence and we advise that action should now proceed on all of them.

Received March 5, 1975 Accepted July 9, 1975

Résumé

REGIER, H. A., AND F. D. MCCRACKEN. 1975. Science for Canada's shelf-seas fisheries. FRB Report No. 3: 1–46.

Lorsqu'on examine les problèmes majeurs des politiques nationales et internationales, on se rend compte qu'il se produit présentement une vaste transformation culturelle et politique. En particulier, le régime de propriété commune — accès libre — consentement spontanée, vis-à-vis le développement et la gestion des pêches devra être remplacé par une alternative plus pratique. C'est ainsi, par exemple, qu'un système de contingents nationaux fondé sur les prises totales permissibles par stock et sujet à la contrainte globale de « pleine utilisation » sera vraisemblablement jugé peu pratique. Ces aspects, ainsi que d'autres qui s'y rattachent, sont considérés en relation avec les pêches et se rattachent aux autres problèmes de la ressource et de l'environnement. L'information scientifique et les programmes de recherches doivent évidemment avoir rapport à de tels développements.

Le Canada est assez bien pourvu de compétences scientifiques et techniques conventionnelles au domaine des pêches. Cependant, des sciences innovatrices importantes et potentiellement utiles ont récemment langui; les infrastructures institutionnelles appropriées et les processus de planification visant à stimuler et à diriger les sciences halieutiques manquent depuis plusieurs années. Les services scientifiques en général sont en désarroi. Compte tenu de ces circonstances, nos recommandations visent au développement de perspectives et de mécanismes qui contribueront à mettre en marche le processus scientifique dans des voies nouvelles lorsque la chose sera nécessaire. La principale lacune dans nos connaissances provient de l'incapacité de tant de scientifiques formés aux disciplines classiques à comprendre les méthodes d'attaque d'autres disciplines, et nous suggérons divers moyens de relâcher de telles contraintes.

Une perspective canadienne sur la science de demain, orientée plus particulièrement vers les ressources des mers du plateau continental, devrait englober les points suivants. Les institutions-clients qui profiteront de l'information et de l'intelligence scientifiques seront vraisemblablement organisées en trois aires géographiques: eaux nationales littorales, plateau continental et régions avoisinant les côtes, et mers profondes lointaines. Les trois composantes de base d'un système d'information scientifique équilibré sont: cartes régionales, séries temporelles de données continues et modèles de mécanismes causals dérivés de l'expérimentation et de la simulation. Le processus de décision est une activité transdisciplinaire, et il faut des cadres appropriés pour identifier les recherches qui lui sont pertinentes. Une politique voulant que ceux qui usent et abusent des ressources et de l'environnement devraient payer pour les bénéfices qu'ils en retirent ou pour les dommages qu'ils causent, exige que les effets, individuellement ou conjointement, des divers usages et abus soient mesurés. Les services techniques et la recherche scientifique doivent être rendus plus efficaces, plus compétents et plus responsables, mais doivent être aussi suffisamment flexibles pour accomoder à la fois l'esprit créateur de l'individu et de nouveaux changements politiques.

Nos recommandations sont les suivantes: 1) Que des centres d'intérêt soient identifiés et que les infrastructures appropriées soient mises en place pour l'exécution de programmes transdisciplinaires soigneusement planifiés aux domaines de la cartographie, du contrôle continu, de la gestion–protocoles de récolte et, finalement, de la recherche sur des modèles impliquant synthèse, expérimentation et simulation. 2) Les nouvelles politiques des pêches et les organismes présentement en voie de développement devraient inclure l'aptitude à entreprendre, sur base continuelle, un egestion expérimentale raffinée. 3) Une certaine subdivision précise du travail est recommandable parmi le personnel scientifique et technique, pour aboutir à trois groupes: experts techniques dont le travail est dicté par les programmes; généralistes en recherches thématiques qui seront des chefs de file dans la planification et la direction des services d'information scientifique et de recherches, dont ils devront rendre compte; et scientifiques créateurs et indépendants chargés d'innover et de réfléchir. 4) La crédibilité scientifique, présentement dans le marasme, doit être rétablie — d'abord en isolant les scientifiques-clés des implications politiques directes dans le processus de prise de décision à l'échelle nationale et internationale. 5) L'aptitude du Canada à poursuivre des recherches en mer s'est laissée distancer par certains autres pays, et il faudrait qu'elle soit rehaussée en conséquence. Ces recommandations pratiques ont toutes rapport aux cinq aspects de la perspective générale esquissée plus haut. Elles ne sont pas énumérées par ordre de priorité, et nous conseillons qu'on donne suite à toutes les cinq dès maintenant.

Reçu le 5 mars 1975 Accepté le 9 juillet 1975

A. A Sketch of the Issue

1. Very Generally

In Canada, as elsewhere in our world, an era in fisheries is ending and another is beginning. Effecting a transition has been and continues to be a challenge for the 1970s.

Strong (1975) and Brown (1974) judge that we are facing one of the great "breaks" or discontinuities in human history. A profound contrast can be expected between the third and fourth quarters of our century. The developed part of the world has for decades placed overriding emphasis on economic growth narrowly defined, but the emphasis will now likely shift toward equity and just distribution. Attempts to achieve a balance between supply and demand have relied on expansion of supply; with real or artificial resource scarcity the emphasis will likely shift to increased efficiency in the use of available resources.

In recent centuries forces have organized themselves and each other to mutual advantage and have produced exponential and compound exponential growth of various socioeconomic quantities. Frictions and resistances of various kinds are building rapidly, e.g. resource scarcities, environmental degradation, cultural conservatism, psychological stress, nationalism. The underlying mechanisms responsible for the explosive growth of the human population may already have been partly neutralized because the worldwide growth rate is now slightly less than it was a few years ago. But the overshoot — before a steady state will be achieved or before a gradual reduction will be initiated — will likely involve a doubling or tripling of the world's population. Yet there are bases for optimism in the long run. More than that, the more traumatic possibilities, prophesied by some for the next few decades, can perhaps be bypassed through intelligent and compassionate action now.

2. Grotius' Assumption

With important local exceptions, total fishery catches continued to expand through the 1960s as though consistent with Grotius' 17th century assumption that the seas contain an unlimited mass of harvestable living resources (Finkle 1974a, b). This growth was achieved to an important degree by expanding the harvest process regionally, finally including the farthest reaches of the oceans. As the intensity of the harvest processes grew locally, certain stocks of whales, clupeids, gadids, salmonids, crustaceans, and molluscs were suppressed to be replaced ecologically by less valued forms. The abundance of the lower valued replacement species was clearly not vastly greater than that of the preferred stocks at the peak abundance. If this had been the case, high volume, industrial fisheries might profitably have replaced lower volume food fisheries. Total harvests have fallen in some areas where fishing was very intensive and/or environmental factors have changed.

It is now universally recognized that Grotius' assumption has outlived its usefulness. The intense negotiations toward a law of the sea are clear testimony to that. The exuberance and excesses of a fishery process that perceived large resources still untapped are being replaced by coordinated deliberate actions. Resources must be husbanded (Davis 1973). A system of negotiated allocations is gradually displacing opportunistic overharvesting in some regions. Where, in the past, market demands for fish protein have often been weak, we now expect demand to exceed supply for some decades to come. Instabilities in the form of local outbursts and collapses will likely intensify. The world demand for food is expected to double by about the year 2000 (FAO 1974). It is unlikely that the world yield of preferred marine fish can be doubled — perhaps it can be increased only by 50% over present catches (Needler 1973).

The concerns of conservationists are no longer dismissed. In the past some of the conservationists' warnings may have been premature. Or they may mistakenly have been judged to be premature by fishing interests that could shift from an overfished stock to an underfished resource some distance removed, still maintaining pressure on the overfished resource (Larkin and Wilimovsky 1973; Laurie and Rahrer 1972). The possibilities for low cost frontier or nomad exploitation are rapidly approaching zero. When all resources will have been "fished up" further increases in the value of catches per se — aside from inflation and shifts in consumer preferences — will stem from improvements in various aspects of management and harvesting broadly defined. Improvements will involve ecological, technological, economic, and social initiatives.

Laissez-faire in fisheries is now passé. What was held to be irrelevant or politically inaccessible is now being addressed directly, e.g. explicit allocation in a common property resource. Some central presuppositions are now discredited, such as Grotius' concept of the freedom to fish anywhere. In the short run this complicates everything because much of our thinking has to be reorganized. But we may expect that needless complexity will dissipate as a new paradigm or policy becomes well established (Chant and Regier 1972).

Predictably the current transformation when completed will have cut through many traditional concepts, institutions, and methods of making decisions, at all levels. New institutional arrangements and procedures are evolving rapidly (MacKenzie 1974; Vallentyne 1974; Chevalier and Burns 1975; Fox 1975), and some useless wreckage will need to be cleared away.

3. Research Definitions

No less than with other aspects of fisheries matters, the structure and function of "scientific research" is being transformed in Canada (Hayes 1973; Beaulnes 1974).

At the federal level, Canada's fisheries and resource scientists now report to line managers rather than to an independent research board. A make-or-buy policy has permitted private enterprise to enter the research field under contract. The kind of fisheries research currently supported in Canada's universities is of quite a different sort than that of recent decades.

The institutional framework for tomorrow's research may already be discernible within the mix of fundamental decisions recently taken in Canada and elsewhere on matters that relate more or less directly to scientific research on fisheries resources (see Section C).

Turning to some semantic problems, we have found useful a functional classification of scientific and technical activities as proposed by the Organization for Economic Cooperation and Development (1970) and already applied by Canada's Fisheries and Marine Service. Five of the classes identified by OECD involve scientists more or less closely: *research and experimental development* or *modeling and experimentation*; *surveys* or *mapping*; *surveillance* or *monitoring*; *scientific engineering and technical services*; *technology transfer*. For the first three specified above we will use the abbreviations *modeling*, *mapping*, and *monitoring*, respectively; the latter have a contemporary North American flavor in contrast to the more European "*research*," *surveys*, and *surveillance*.

Now consider the dynamics of renewable resource science from discovery–creation to application of concepts. Relational and cause-and-effect modeling is the distinctive core of science. Hypotheses that are elaborated and tested usually first emerge in formal or informal study of maps and monitor series of selected factors and quantities (variables). Initially, even elementary mapping, monitoring, and modeling involve creative scientific expertise. Scientists' narrow responsibilities end with tests of theories and models.

The process of demonstrating the practical relevance of theories and specified variables for mapping and monitoring, of checking the cost–effectiveness of the necessary sampling and analytical methodology, and of developing the program guidelines for technicians responsible directly to managers, etc. is termed *technology transfer*. But even partial understanding and information is useful to managers who then demand that scientists be accessible to personnel in engineering and technical services.

An interjection: *technology transfer* is sometimes understood to mean the transfer of well-developed technology from country to country. Our intended meaning, specified above, is different from that of importing or exporting eixsting technology. However, fitting foreign technology into a new situation demands a scientific understanding of the latter, and thus may involve *technology transfer* as well as *technology importation*.

Focusing again on the basics of renewable resource science as defined above, three elemental processes — mapping, monitoring, and modeling — are continually developing in a dynamic manner. With respect to a particular theory or model, the process of clarifying, structuring, testing, and experimenting gradually evolves products for routine practical application. As this happens, the creative scientist turns his attention to new ideas and the manager takes over responsibility for what has been well developed. No clear lines separate the roles of scientist and manager, but obviously some division of labor is justified in any system that boasts more than a handful of scientifically and technically competent workers. These matters are examined in more detail elsewhere (Regier et al. 1974).

The context sketched above is *transdisciplinary* in that it is common to the perspectives of all the disciplines related to renewable resources science. The meteorologist, oceanographer, geographer, ecologist, economist, sociologist, political scientist, etc. all perceive that the spatial occurrence, temporal sequence, and causal interactions among events are basic to an understanding of those events. In general, mapping, monitoring, and modeling must advance together, whatever the discipline.

Many of the disciplines and subdisciplines created during the past century are relevant to an understanding of environmental and renewable resource systems, particularly fisheries. The usual advice is that interdisciplinary or multidisciplinary teams should be brought together to address problems in an ad hoc manner. Such an approach has on occasion worked satisfactorily with relatively simple matters where only two or three disciplines could usefully be coopted. On larger matters the conventional interdisciplinary process is laborious,

cumbersome, and rather unproductive. An alternative approach now deserves serious attention: to develop a new discipline of environmental and resource science. This should grow out of transdisciplinary perspectives already shared — often unknowingly — by various conventional disciplines. This possibility is developed further in Section D.

4. Study Objectives

This study deals with one small aspect of a vast transformation sketched in Section A.1 above: what should be done now in order that "scientific research" related to the wild *fishery resources* of Canada's shelf seas, and to the *primary industry* dependent upon them, will be relevant to the then current problems 10 years hence?

We have deliberately sketched a broad context in this report hoping that it may also be useful for other studies of related aspects of fisheries resources and the primary industry. Such studies might include inshore fisheries, resource enhancement, inland and recreational fisheries, artisanal fisheries in remote regions, and aquaculture.

We approached our task using the concepts of science sketched above. In addition, we identified a series of *fundamental perceptions and political decisions* (specified in Section C) that imply specific demands on scientific research. We have tried to retain within our overall perspective the very real problems now facing workers as well as the large-scale, long-term possibilities inherent in fundamental decisions already taken. We have iterated between 1) concepts too large to be addressed effectively by "fisheries researchers" — even by those with transdisciplinary freedoms and competence — and 2) concepts or issues too limited to warrant careful consideration here. Where one stops in such an iterative process depends on personal judgements.

Logistical aspects of our approach may be inferred from the contents of the acknowledgments section.

B. A Story of Canada's Shelf-Seas Fisheries

1. Atlantic Fisheries

The history of fisheries on the Atlantic shelf may be divided into three periods: pre-1947, 1947–57, and 1958–74. We sketch major events in these periods and then risk a scenario of the post-1974 period.

Up to 1947 the fisheries of the NW Atlantic tended to be relatively stable in practically all their phases. Changes which at the time were considered to be substantial do not compare in magnitude with those since then, particularly since 1958.

(a) Pre-1947 — (i) Countries fishing — The Latin countries of France, Spain, and Portugal had a history of fishing in the area for hundreds of years. Britain, as Newfoundland, Canada, and the USA, gradually developed fisheries in these waters.

(ii) Areas fished

Southern Europeans concentrated on the Grand Banks. Newfoundland inshore fisheries extended around the coast of their island and of Labrador; their offshore fisheries were confined largely to the Grand Banks. Canadians, not including Newfoundlanders since they had not yet joined the confederation, fished inshore waters along all coasts of the Maritime provinces and Quebec, and on offshore banks off Nova Scotia as well as on the Grand Banks. Americans fished inshore waters off Canada in earlier periods but these efforts were phased down; they also fished offshore banks with Canada and other nations as well as inshore waters off their own coasts as in the Gulf of Maine.

(iii) Species fished

For all countries cod was the most important species. Landings by European nations were almost exclusively cod. In Newfoundland the importance of cod was expressed by the phrase "cod was currency" (Black and Maxwell 1972). However, Canadian and U.S. fishermen also landed other demersal species such as haddock, pollock, hake, along with pelagic species such as herring (adult and "sardines") and mackerel. Fishing for "new" species tended to develop first in the United States and then in Canada. For example, the United States was fishing redfish in the Gulf of Maine by the mid-1930s and had expanded their redfish fishing into Canadian waters by 1940. Canada landed virtually no redfish until the early 1950s.

(iv) Methods of fishing

Inshore fisheries used a variety of gears for demersal species. In the Canadian provinces hook and line predominated. In Newfoundland, cod was taken inshore mainly by traps. For pelagic species, weirs (traps) were used particularly in the Bay of Fundy for sardines, but adult fish were taken in gillnets.

Canadian and European offshore fisheries relied

mainly on hook and line fished from dory vessels. However, the steam-powered bottom trawler was being adopted more rapidly by the United States than by Canada, and by the 1930s it was the principal gear used by the Americans in fishing off Canadian shores. In Canada the steam trawler made its debut about 1918 and its numbers ranged from 2 to 17, reaching a peak by 1930 and declining to about 3 by the mid-1940s. However, they were restricted in their operations by resistance from other fishermen who felt that their markets would be disrupted and that steam trawlers were ruining grounds and catching fish at too small a size. Steam trawlers accounted for most of the catch of demersal species, other than cod, that were being landed at that time.

(v) Total landings

Although statistics of landings are not too accurate for this earlier period, it appears that total landings from off the Canadian coast were about 500–600 thousand tons (Table 1). For groundfish about three-quarters of the total was cod, the remainder mainly haddock and pollock. For the pelagic species herring landings were usually between 50 and 100 thousand tons.

(vi) Regulations

Throughout this period the offshore fishery remained virtually unregulated, except that steam trawlers in Canada were restricted by policy and licensing actions. Inshore fishing for demersal and pelagic species was also unregulated except that in Newfoundland a minimum mesh size for traps was in effect. However, this regulation appears to have had a low priority for enforcement officers.

(vii) Research

The view that the supply of fish in the sea was inexhaustible was common. There were exceptions, i.e. the greatly increased catch and discard of small haddock on Georges Bank were viewed with alarm (Herrington 1936, 1941). Research on a variety of commercial and noncommercial species led to methods of aging, understanding of life histories (including reproduction, growth, distribution, ages, etc.) and to methods of distinguishing between different stocks. In general, efforts were aimed at species and areas of actual or potential commercial importance. Practically all of the research was carried out by North Americans, with discussion of results through the North American Council on Fishery Investigations. Its aim was coordination of research efforts of the various countries and possibly proposing action for stocks that might need some form of protection.

In addition to more specific biological research, efforts were expended to begin obtaining basic data for management: catch statistics, including quantity, size, area fished, and fishing effort.

(b) 1947–57 — Expansion of fisheries in the NW Atlantic tended to be orderly, both in development of methods and species fished. Newfoundland joined Canada during this period.

(i) Countries fishing

On balance, these remained about the same as in the earlier period. Norway and Britain conducted minor fisheries off Newfoundland. Canada and the United States continued to fish on the banks; Canadian efforts expanded while those of the U.S. declined somewhat.

(ii) Areas fished

Fishing areas used by different national groups did not change very markedly during this period. European vessels extended their fishery somewhat more to the Gulf of St. Lawrence and banks off eastern Nova Scotia. Maritime and Newfoundland offshore vessels fished more in the Gulf of St. Lawrence and for longer periods on the Grand Banks and on Nova Scotian banks. In general, Canadian fishermen did not fish to the eastward on Georges Bank. United States vessels, except for those fishing redfish, concentrated more on the western banks off Nova Scotia.

(iii) Species fished

European vessels continued to land cod and discard all other species caught, except that the Spanish fleet fished extensively for haddock during the mid-1950s when haddock were abundant on St. Pierre Bank and Grand Bank. United States vessels fished extensively for redfish and seasonally for haddock.

Great changes in species landed were apparent in the Canadian fishery. As markets were developed, vessels fishing offshore landed species such as redfish and various flatfish that previously they did not exploit. While cod was still most important, haddock made up an increasing proportion of Canadian landings.

(iv) Methods of fishing

Following 1945 Canada encouraged otter trawling for demersal fish both inshore and offshore with a result that its hook and line fishery using dory vessels eventually virtually disap-

TABLE 1. Landings from Canadian Atlantic waters by all countries, in metric tons, round fresh.

Year	Cod	Haddock	Redfish	Flatfish	Halibut	Silver hake	Herring	Pollack	Mackerel	Capelin	Total[a]
1883	441,000	2,000	0	0	?	0	?	Variable, between 10 and 20 thousand tons	Variable, usually below 10 thousand tons	Negligible, for bait and fertilizer	525,000
1903	429,000	7,000	0	0	2,400	0	?				653,000
1923	528,000	26,000	0	300	3,500	0	64,000				600,000
1933	475,000	48,000	0	1,000	2,900	0	65,000				650,000
1943	407,000	29,000	4,000	2,300	960	0	130,000				1,072,000
1953	488,600	81,000	66,000	38,400	2,800	0	90,000				1,589,000
1963	900,000	65,000	81,000	64,400	3,400?	123,000	118,000	33,000	6,000	6,000	1,894,000
1965	1,056,000	94,000	202,000	120,000	4,600?	50,000	189,000	29,000	11,000	4,100	2,596,000
1968	1,433,000	51,000	158,000	231,000		3,000	516,000	19,000	20,000	4,000	2,292,000
1973	709,000	19,000	252,000	214,000	1,800	298,600	139,000	30,000	38,000	269,000	

[a]Total includes minor species not detailed in table.

peared. Cod continued to be taken by traditional traps off Newfoundland. Fishing methods for pelagic species came to include purse seining for herring but only to a limited extent.

Europeans, particularly Latins, expanded use of bottom and pair trawls for demersal fish, and Americans fishing these waters used otter trawls almost exclusively.

North Americans gradually accepted new kinds of fish for their diet. Otter trawls were capable of capturing a variety of species. Together these acted to expand the productive base of the fisheries economy. European trawls also took a variety of species, yet all but cod were discarded except for Spaniards' retention of haddock.

(v) Total landings

Landings from the Canadian region increased during this period in an orderly fashion from about 700,000 tons to about 1,200,000 tons (Table 1). Cod still made up about 70% of the total landings; however, landings by Canadians of redfish, haddock, pollock, and flatfish had all increased during the period. Landings of pelagic fish had remained relatively stable, although fluctuating yearly with market conditions.

(vi) Regulations

The International Commission for the Northwest Atlantic (ICNAF) was formed in 1949 and became effective in 1950 as a convention on conservation measures. As noted by Möcklinghoff (1973) the formation of ICNAF related less to overexploitation of stocks in the northwest Atlantic than to the recognition of overfishing in other areas. The problem on which member countries of ICNAF first focused attention concerned catching and discarding of small, fast growing fish of the demersal species. This was recognized as wasteful; also, the Latins perceived in this a threat to their need for large fish for salting. The result was the introduction of minimum mesh sizes in otter trawls to regulate offshore groundfishing.

(vii) Research

Throughout this period research on Atlantic coast fish stocks tended to progress in step with fishery developments. With the formation of ICNAF, attention offshore centered on demersal fish stocks. Major efforts were made to improve the "tools of the trade" for both managers and researchers, i.e. landings, catches, sizes, catch–effort, product market statistics, etc. and the first Statistical Bulletin of ICNAF became a reality. Much effort was spent on determining distribution of various groundfish species, both exploited and unexploited. Fish production models were being developed: Ricker (1948, 1958), Beverton and Holt (1957), Schaefer (1954, 1957) all expanded on the early work of Baranov (1918). Through local demonstration and comparison with such areas as the North Sea, industry and administrators were bombarded with advice to release small fish through use of larger meshes. Research on pelagic fishes, while not neglected, was accorded lower priority.

Most of the research carried out had an exploratory or regulatory function but some of it could be termed "basic." It began contributing to a capability for management by species and stock.

(c) 1958–74 — Innovation and rate of change now occurred more rapidly. It might be looked upon as two periods: up to 1968, uncontrolled expansion, as analyzed by Larkin and Wilimovsky (1973); since 1969, contraction and control. However, the two phases are so closely linked that it appears better to treat them together.

(i) Countries fishing

The most significant event was the entry and expansion of the USSR fleet in the fishery of the northwest Atlantic. It was followed by other east European countries (Poland, Romania, German Democratic Republic, Bulgaria) and joined by western European countries (Federal Republic of Germany, Britain, Norway). More recently Japan has also joined the parade of some 17 nations fishing off Canadian shores.

Entry of the Soviet Union fleet into the northwest Atlantic added a new dimension. Previously, nations had been fishing for particular species and effort was directly tied to conventional markets. The USSR took quite a different approach to marketing and was able to direct its fleet to any stock for which a sizable potential had been determined. From this grew what has been termed pulse fishing, with large fleets directed intensively at particular resources until the stocks are reduced to very low levels.

Canadian fishing activity expanded at the same time. Addition of the other European fleets mentioned above added greatly to the pressures on fish stocks of the region. Fishing from the USA declined further, except for continuation of specialist vessels harvesting redfish.

(ii) Areas fished

Traditional areas were fished more intensively. Several major changes affected the course of the

fishery, management, and research. These were: the development of a winter fishery for cod on banks off the east coast of Newfoundland and Labrador; development of a fishery for herring (and mackerel) in "offshore" waters in competition with the fixed gear fishery at the shore; development of specialized fisheries for flatfish, particularly on the Grand Banks; seasonal changes in areas fished because of exploitation of new species; deepwater bottom fisheries off the edge of the continental shelf; and major pelagic fisheries in waters well above the sea bottom.

(iii) Species fished

Major new additions to the spectrum of species were registered by east European countries, although Canadian fishermen also expanded their traditional species base. Thus Canadian fishermen heavily exploited herring, redfish, flatfish, and pollock. European countries and particularly the USSR exploited such species as silver hake, argentines, grenadiers, as well as the more usual demersal and pelagic species on a continuing basis (Table 1).

As noted earlier, the phase to 1968 was one of expansion and this included practically all species inhabiting all areas and vulnerable at all seasons.

(iv) Methods

The major developments have been: factory (processing) trawlers; stern trawling; midwater trawling; purse-seining with power block; sonar and new echo-sounding techniques; and collaborative fishery tactics by countries that had central planning and management control of their fishing fleets.

All the foregoing have been prime factors in this period of innovations and rapid expansion. Each extended the scope for fishing. Factory trawlers permitted on-site processing of species such as silver hake and small pelagic (herring and mackerel) at sea. Stern trawling led to midwater trawling and new echo-sounding techniques were developed to aim the trawl. Sonar and echo-sounding found fish on and off bottom; this capability combined with the power block made the purse seine a most efficient fishing tool.

Certainly the technological advances were applied to the fishery within a very short period of time.

(v) Landings

Total landings increased rapidly until 1968, from about 1.2 million in 1958 to about 2.5 million tons in 1968 (Table 1). The marked increase was the result of greatly increased effort and increased efficiency (see above), development of a major winter cod fishery on an accumulated stock off eastern Newfoundland, fishing up accumulated stock of herring in the Canadian region, good recruitment to a number of traditional stocks, and fishing for previously unexploited species. Expansion was uncontrolled.

Since 1968 total landings have declined slightly, reaching about 2.2 million tons in 1973. Declines in some individual species have been marked: cod declined by 50%, herring by 73%, haddock by 80% from their peak, and so on for nearly all "traditional" species. Redfish, currently being fished by midwater trawl, increased by about 60%. Total landings were kept at a high level by an extensive fishery for silver hake and a new fishery for capelin; between them these accounted for about 25% of the 1973 landings.

Thus the fishery that expanded so rapidly during 1958–68 declined somewhat in the next 5 years and was being maintained by expanding to new species.

(vi) Regulations

Development of management regulations in the ICNAF area has been described in some detail and with various kinds of emphases by Möcklinghoff (1973), Edelman and Dokuchaev (1973), Bogdanov and Konstantinov (1973), and Hennemuth (1973). In general their accounts suggest that relatively early in this period it was recognized that — with the rapid growth of the fishery, changes in techniques, and development of "mixed" fisheries — minimum mesh size in itself was insufficient to regulate the fishery. In fact, because much fishing was being carried on for small fish forms previously "unexploited" (silver hake, red hake, herring, etc.) minimum mesh size regulation could at best be only partially effective.

Scientists became concerned about the rapid development of fishing pressure before administrators did, for example, in the haddock and herring fisheries. Scope for action by managers was constrained by the differing aims of the various countries and by the ICNAF convention which, though it allowed the setting of overall catches, did not provide for allocation by countries. Without the possibility of allocating by countries, effective regulation was not feasible. Haddock became a special case because the stock had been so reduced that it was of interest only to Canada and the United States.

With changes in the ICNAF protocol (1969) to allow countries to negotiate quota allocations, controls have been introduced very rapidly. Esti-

TABLE 2. Development of fishery control in ICNAF Subareas 2–6 by use of TACs and quotas for stocks – by year.

Year	Squid	Mackerel	Capelin	Roundnose grenadier	Agrentine	Pollock	Greenland Halibut	Flounders	Red hake	Plaice	Redfish	Silver hake	Cod	Herring	Yellowtail	Haddock	Total TACs
1969	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1970	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	2
1971	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	2	4
1972	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	2	3	8
1973	1	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	3	7	6	3	3	27
1974	1	2	2	1	2	2	1	5	2	4	6	4	9	7	3	3	55
1975	1	2	2	1	2	2	1	5	2	4	7	4	10	7	3	3	56

mates of total allowable catches (TACs), determined by scientists on a stock by stock basis, have been made available to ICNAF negotiators. To illustrate the rapid development of this approach, in 1968 there were no stocks under TAC control, yet by 1974 TACs had been set for some 56 stocks in the ICNAF region (Table 2). Most stocks in the Canadian region are now under TAC control (excepting such species as dogfish, skate, sand launce), even some of those in deep water (Fig. 1). TACs have been set with a number of aims in mind, such as rehabilitation of haddock or other stocks, preventing takes beyond the maximum sustained yield for various species, preventing excessive pulse fishing, and taking precautionary measures for developing fisheries such as capelin.

TACs for individual stocks must include the "incidental" species catch. An attempt to solve this problem by indirect methods, as well as limit total effort, is being carried out in the Georges Bank region where a TAC for all species combined has been set at a lower level than the sum of its parts.

In addition to TAC and quota control, ICNAF countries have moved to introduce an enforcement scheme that allows mutual inspection of catches and gear at sea. The scheme is still far from perfect, but does provide a basis for ensuring that regulations are being followed.

Recapitulating then, the recent situation in the ICNAF region is: total landings maintained by addition of new species such as capelin, silver hake, grenadiers; greater exploitation of more traditional species such as redfish, flatfish, mackerel, herring; greater fishing intensity on the major cod stock off the east coast of Newfoundland; and attempts to control the fishery using a TAC quota approach on a stock by stock basis.

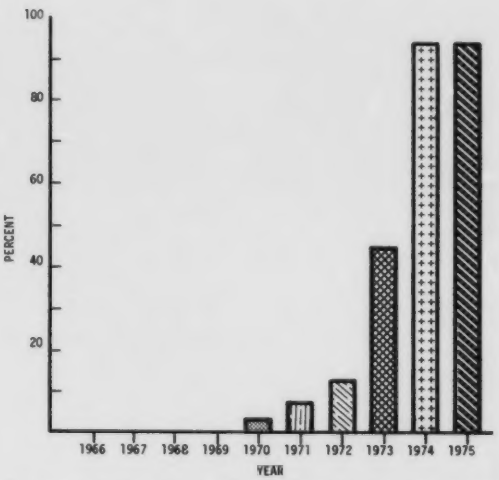


FIG. 1. Percentage of "probable" stocks of finfish (ICNAF Subareas 2–6) under quota control by year.

Thus the fishery on the Atlantic coast has more or less gone through the series of classical stages described by Larkin and Wilimovsky (1973) and the recent interventions of setting TACs and allotting national quotas have nudged the overall system only slightly away from the basic direction of nonmanagement.

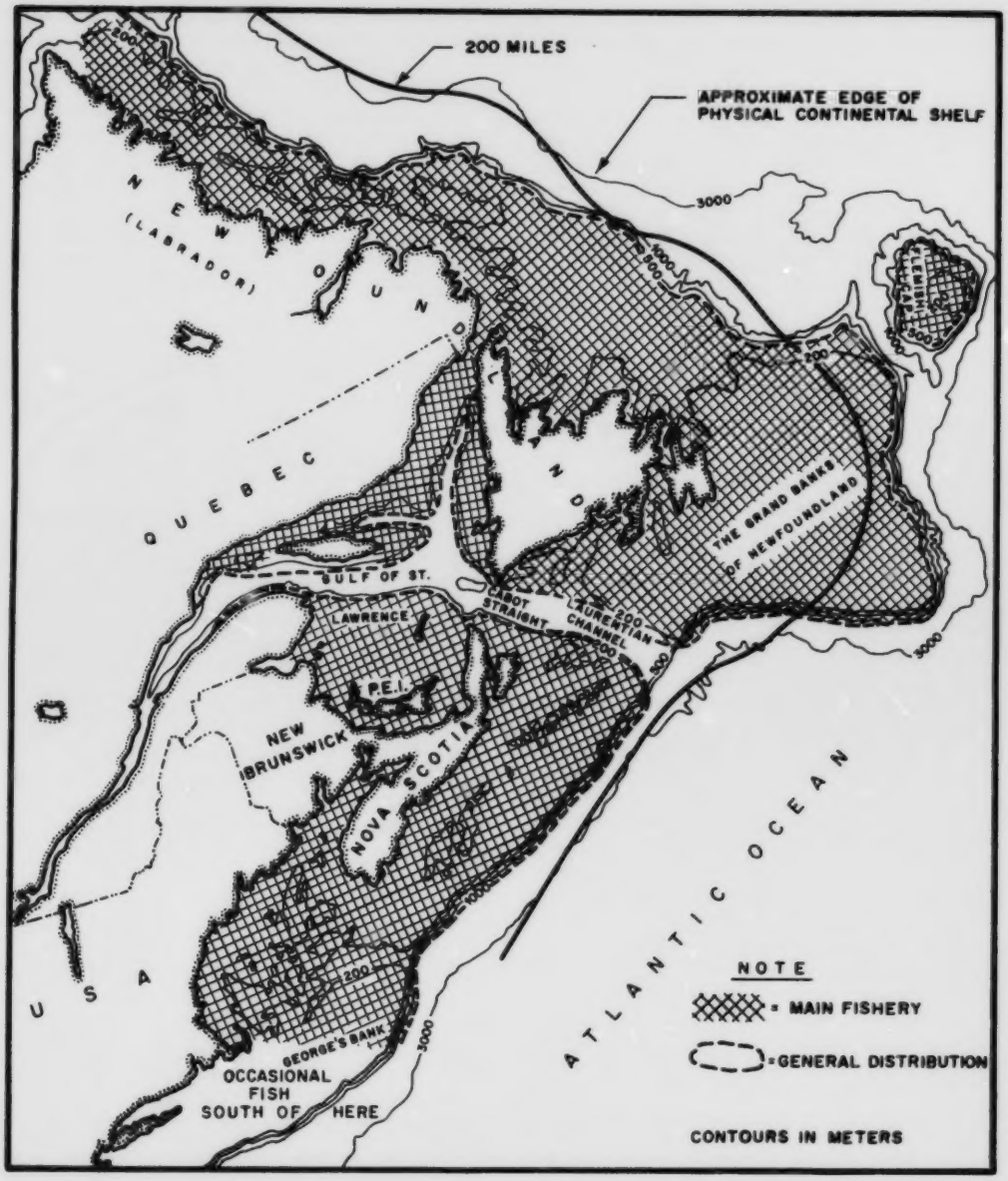


FIG. 2. Distribution of cod stocks and fisheries.

(vii) Research mapping

Beginning in 1959, Canadian biologists on the Atlantic coast were provided with their first large offshore vessel, the R.V. *A. T. Cameron*, capable of operating offshore in all areas except for the winter season off Labrador. A second new research vessel, the R.V. *E. E. Prince*, of more limited capacity has been added. Provision of these two vessels allowed more direct mapping of distribution of traditional groundfish species, particularly small fish. However, these two vessels

had to be deployed over the whole area from the Bay of Fundy, across the Grand Banks, the Gulf of St. Lawrence, and for salmon even to West Greenland.

With the rapid development of the fishery, particularly for new stocks and species, mapping by Canadian research vessels and staff failed to keep pace, either with new stocks of traditional species or new species being utilized for the first time. Much of the mapping and knowledge about distribution of new species (silver hake, grenadiers, argentines, capelin, e.g.) has come from efforts of "search–research" vessels of the USSR and Federal Republic of Germany, and for more western areas from American research teams. Under the umbrella of ICNAF, coordinated groundfish surveys have been in operation for several years. Such pooled data provide current mapping information which, however, has seldom been drawn together for publication.

Important elements of the distribution of various species are not yet well understood, for example, small cod on the east coast of Newfoundland and Labrador, the separation of stocks of mackerel all along the Atlantic coast, and — as will be shown in a case history below — the separation of herring stocks off much of the Atlantic coast. Special cases relate to the winter distribution of species in ice-covered areas such as the Gulf of St. Lawrence, off Labrador, and off northern Newfoundland. Canadian research vessels are not capable of working in pack ice because they are side trawlers rather than stern trawlers.

General distribution maps have been drawn for special purposes, e.g. to facilitate development of a Canadian position for Law of the Sea (LOS) negotiations (Fig. 2, 3, 4). No comprehensive atlas of species distribution, life cycle migrations, and long-term changes in distribution is yet available. Templeman (1966) has provided a detailed account for most of the marine resources off Newfoundland and Leim and Scott (1966) have recorded life histories and general distribution information for Atlantic coast species.

(viii) Research monitoring

One of the major efforts of many countries working within the ICNAF area has been to develop a statistical series; through cooperation of the member countries of ICNAF it is one of the best now available in the world. The aim has been to collect and tabulate in a usable form what Lucas (1973) has called the raw statistics of the fisheries as well as vital statistics of the stocks and their composition. Thus the aim has been to provide information on the species and quantities caught and landed, with a record of where, when, and how they were caught along with effort expended. In addition, scientists have sought to obtain information about sizes and ages of fish landed, as well as for those discarded or processed as fish meal.

For species such as haddock and cod, prerecruit abundance has been estimated in certain areas using otter trawl surveys, with a useful degree of precision (Heyerdahl and Grosslein 1974). However, fisheries for species such as mackerel, herring, and silver hake have developed so rapidly that estimates of prerecruit strength are either lacking or extremely crude. In addition, the time series are so short that the estimates cannot yet be related to the yield from the fishery. The ICNAF area is so very large it must be recognized that monitoring prerecruit abundances on a stock basis with any degree of precision is a tremendous task, as can be inferred from the preliminary attempts to cost such programs by Heyerdahl and Grosslein (1974).

Spatial distribution varies through time, as a function of seasons, age of fish cohorts, and environmental perturbations. Recent progress with sonic methods at the Marine Ecology Laboratory, Dartmouth, N.S. and elsewhere is encouraging and current applications with the R.V. *A. T. Cameron* deserve strong support. But even with the further development of sonic methodology, direct estimation of stock sizes in the Canadian ICNAF area is a task well beyond current Canadian means and will remain so for years to come.

While the results are to be highly commended and form part of the basis of "fishery management" (as will be discussed later) it is still obvious that there are large gaps in current monitoring knowledge. Reference to ICNAF Statistical Bulletins and the Sampling Year Books readily reveal serious gaps in current monitoring. Details now missing have been listed by the Statistics and Sampling Subcommittee of ICNAF's Research and Statistics Committee year after year in proceedings of their annual meetings (ICNAF Redbook, Part 1, 1971, 1972, 1973, etc.).

Gaps begin with the record of species caught versus those landed. Few countries list or quantify their discards in any meaningful way. Latin countries usually report only cod, yet it is known that other species are taken along with cod and, at times, in large quantities. For other European and North American countries the principal missing components are small fish and so-called industrial fish. Information most likely to be missing from factory vessels is the species composition of that portion of the catch turned into fish meal.

Development of regulation by TACs and

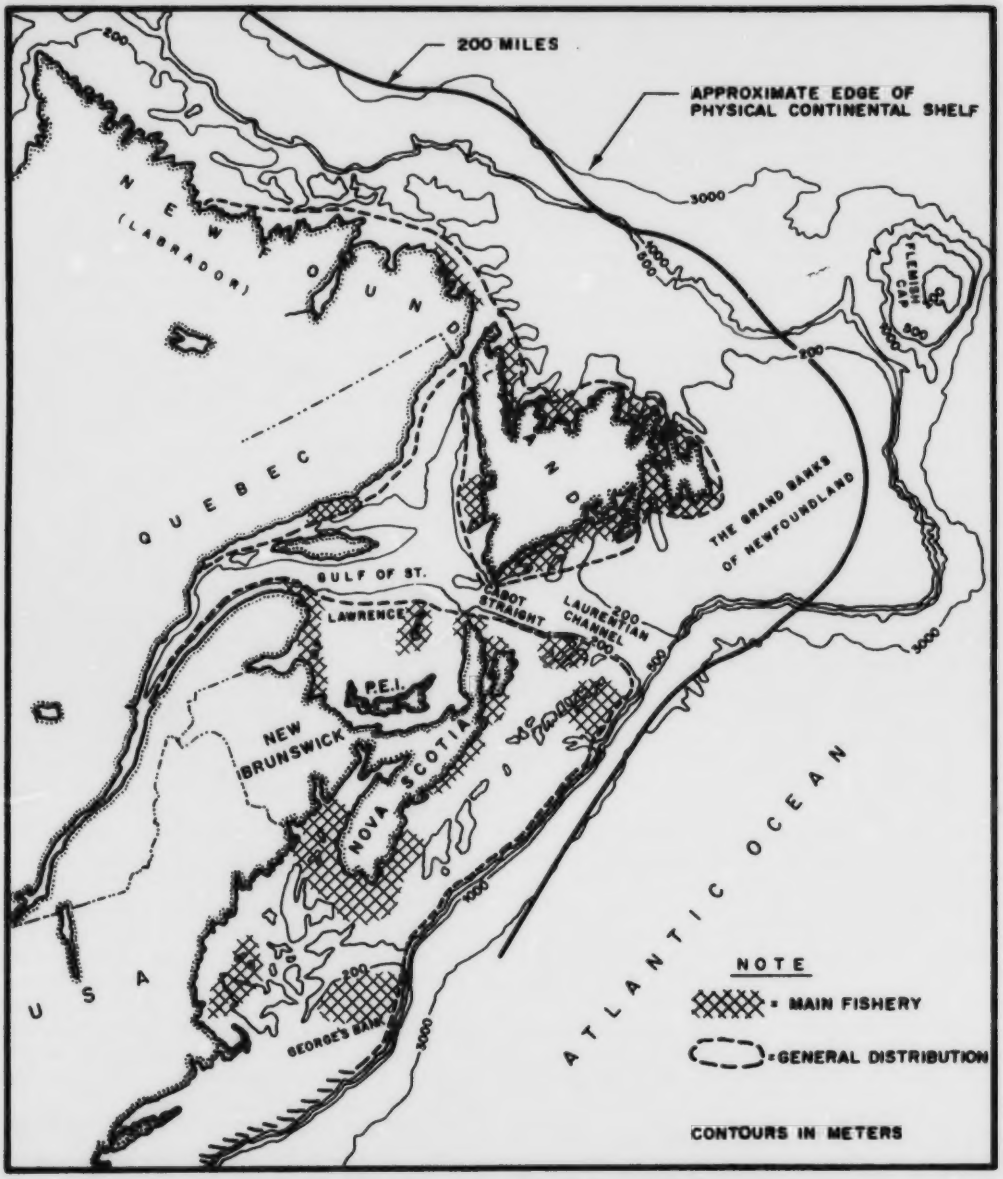


FIG. 3. Distribution of herring stocks and fisheries.

country quotas has added new dimensions to the statistics problem in the last 2 or 3 years. While it would be difficult to document, statistics are being manipulated to remain within quotas by Canadians and other national groups.

Even less adequate are data on sizes and ages of fish caught, even for that portion of the catch that is landed. Recently ICNAF's Research and Statistics Committee, through its Subcommittee on Statistics and Sampling (ICNAF Redbook, Part 1, 1973), attempted to assess minimum requirements for sampling data and to relate these

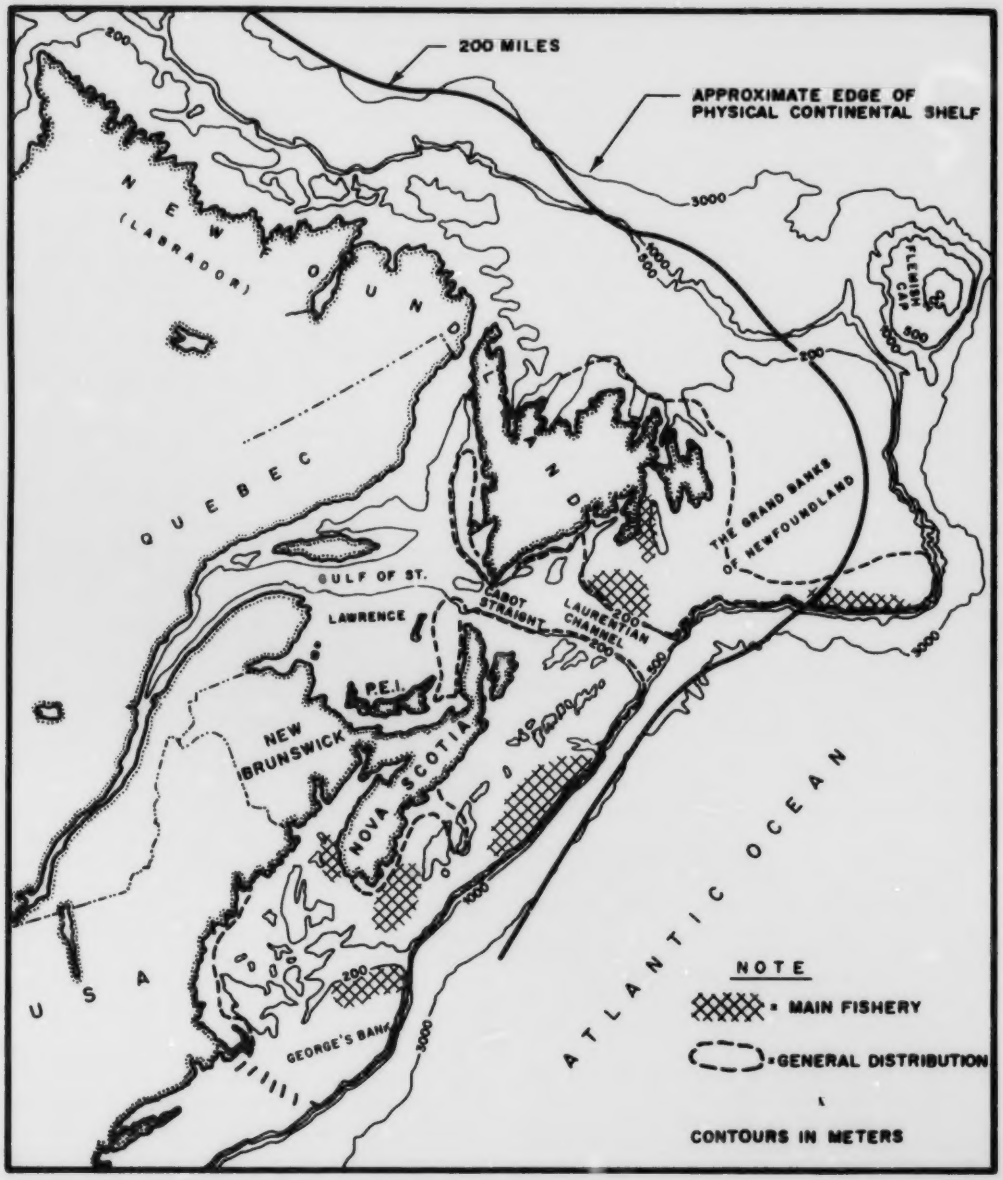


FIG. 4. Distribution of haddock stocks and fisheries.

to actual performance. With one or two exceptions, the precision of estimates based on available sampling data was inadequate for virtual population or cohort analysis models; for many stocks, practically no data were yet available.

The use of effort data to derive estimates of maximum sustained yields has long been suspect. Any technological advance or increase in fishermen understanding has an influence on the "catchability coefficient." With the advent of quotas, because the overall regulatory system is still so very crude, fishing effort on a particular

stock becomes more concentrated in the period of maximum availability than it was before, further influencing the catchability coefficient. As with landings data, some countries manipulate effort data, at least as it relates to particular species caught.

It seems obvious that monitoring to determine what is happening in the fishery is a major task that is not yet being addressed satisfactorily. Monitoring of the type referred to above provides many of the data for current modeling, and will continue to do so. However, it has much wider functions. For example, "surveillance" for enforcement of regulations is a part of monitoring. Monitoring is necessary for economic assessment of regulation or management schemes such as limitation of entry. Monitoring should not be classed simply as a research tool; it deserves more support throughout the fisheries management process.

(ix) Research modeling

Recapitulating, fisheries of the NW Atlantic are being "managed" — at best there are interventions — through quotas based on estimated TACs for most of the larger stocks of fish from West Greenland to the middle United States coast. As noted earlier, the number of stocks under TAC control expanded rapidly from 2 in 1968 to 56 in 1974. Each of the TACs involves modeling, even if the model or the hypothesis permits only a semiquantitative inference that a particular stock can tolerate fishing at recent levels.

In the 1974 Report of the Standing Committee of Research and Statistics (STACRES) of ICNAF, the types of models, all single species models, were classified as follows:

— analytical models based on analysis of age structure of a stock over time (type 1);
— general production models where stock size as a whole is known but age composition data are not available (type 2);
— general biological information (type 3); and
— catch statistics alone (type 4).

Of the TACs estimated, about 45% were obtained from analytical models, 15% in each of second and third types above, and 25% from catch statistics alone. Table 3 shows the number of TACs estimated for major stocks and the methods of their derivation.

Calculation of TACs by the first method has demanded, and currently demands, a large input of scientists' time. Time-consuming portions of the process include: tabulation of statistics of landings; supervision and assistance in collection of samples; supervision in determining ages within the fished stock; field cruises for estimates of prerecruits and independent estimates of natural mortality coefficients (which, in addition to cruise time, requires time and money and man-years to process the relevant data); and the meetings of ICNAF in which the calculations of TACs are revised (often based on additional last minute data) and/or defended in time consuming arguments on the assumptions involved.

It is difficult to assess in quantitative terms just how much the time involved in producing advice to management has increased. The following data provide a measure of the growing demands. Until 1971, ICNAF met once each year with the length of the meeting gradually increasing from about 10 days to over 15 (counting weekends). In 1972 there were two ICNAF meetings, both of which approached 3 weeks duration for an annual total of some 35 days. In 1973 and 1974 there have been three ICNAF meetings, each of 2–3 weeks' duration, totalling some 50 days. In addition to the time spent at the meetings themselves, an increasing amount of time has been spent in preparing for each one, as more and more stocks have come under TAC control. Time spent at ICNAF meetings and in preparation is expected to grow and take up an even more significant fraction of the working year.

Similarly, within the national scene, the Herring Management Committee, which meets up to 5 or 6 times a year requires preparation for each meeting as well as attendance at the 1- or 2-day sessions.

There is no simple objective way of estimating the man-years and money involved in the activities we have termed mapping, monitoring, and modeling for Canada's east coast fisheries. However, Table 4 shows that staff strength at the four Atlantic coast fisheries research stations between 1969/70 to 1973/74 first declined and then recovered to reach the levels of 1969/70. During this period scientists had increased from 95 to 101, about 6%.

Some of the new recruits as well as earlier staff were directed into the important work on pollution and other environmental stresses. The consequence of such redirection, plus failure to expand the work force, has led to a decrease of at least some 12–15% in scientist man-years directly involved with fisheries management.

(d) Herring fisheries case history — We present a case history of east coast herring fisheries to demonstrate some of the current gaps in research and in the scientific advice being offered for the "management" of these fisheries.

Pimlott et al. (1971) presented a brief history of the Atlantic herring fishery, indicating its in-

TABLE 3. Recent catches, proposed TACs, and assessment categories for stocks considered at the 1974 ICNAF meeting (from ICNAF Redbook 1974, p. 66–67).

Species	Stock area	Nominal catches (000 tons)			TACs (000 tons)[b]			Assessment category
		1971	1972	1973[a]	1973	1974	1975	
Cod	1	121	111	63	— (102)	107[c] (80)	(55)	1
	2GH	13	14	+	—	20[d] (20)	(20)	1
	2J+3KL	432	458	354	665.5 (650)	656.7[e] (650)	(550)	1
	3M	34	58	23	—	40 (35)	(40)	1
	3NO	126	103	80	103.5 (70)	101.1 (85)	(85)	1
	3Ps	64	44	53	70.5 (70)	70[f] (85)	(60)	1
	4Vn(Jan–Apr)+4T	57	68	61	—	63 } (70)	(50)	1
	4Vn(May–Dec)	11	9	6	—	10[g] }	(10)	1
	4VsW	54	62	54	60.5 (60)	60 (60)	(60)	1
	4X(offshore)	9	7	7	—	— (8)	(5)	1
	5Y	8	7	6	10 (10)	10 (10)	(10)	4
	5Z	28	25	29	35 (35)	35 (35)	(35)	2
Haddock	4VW	13	5	4	4 (0)	0 (0)	(0)	1
	4X	18	13	13	9 (0)	0 (0)	(15)	1
	5	12	7	6	6 (0)	0 (0)	(0)	1
Redfish	2+3K	19	20	39	—	30 (25)	(30)	2
	3M	8	42	22	—	40 (—)	(16)	2
	3LN	34	29	34	—	28 (20)	(20)	2
	3O	20	16	9	—	16 (15)	(16)	2
	3P	28	26	18	—	25 (23)	(25)	2
	4VWX	62	50	40	—	40 (30)	(30)	4
	5	20	19	17	30 (30)	30 (30)	(25)	4
American plaice	2+3K	5	9	5	—	10.5[h] (8)	(8)	1
	3M	1	1	1	—	2 (2)	(2)	4
	3LNO	68	59	53	60.5 (60)	60 (60)	(60)	1
	3Ps	7	7	15	—	11 (10)	(11)	4

TABLE 3. (*Continued*)

Species	Stock area	Nominal catches (000 tons) 1971	1972	1973[a]	TACs (000 tons)[b] 1973	1974	1975	Assessment category
Yellowtail	3LNO	37	39	33	50 (50)	40 (40)	(35)	1
	5(E 69°)	24	30	26	16 (16)	16 (16)	(16)	2
	5(W 69°)				10 (10)	10 (10)	(0)[i]	2
Witch	2J+3KL	16	17	24	—	22[j] (17)	(17)	1
	3NO	15	9	7	—	10 (10)	(10)	4
	3Ps	2	2	3	—	3 (3)	(3)	4
Flounders[k]	4VWX	34	24	28	—	32 (32)	(32)	4
Oth. flounders[l]	5+6	28	24	22	25 (25)	25 (25)	(25)	3
Greenland halibut	2+3KL	25	30	29	—	40[m] (30)	(40)	4
	1+Baffin Isl.	4	14	10	—	—		
Silver hake	4VWX	129	114	299	—	100 (50–100)	(120)	1
	5Y	8	7	9	10 (10)	10 (10)	(15)	3
	5Ze	72	78	62	80 (80)	80 (80)	(80)	3
	5Zw+6	28	31	61	80 (80)	80 (80)	(80)	3
Red hake	5Ze[n]	9	39	25	—	20 (20)	(20)	1
	5Zw+6[n]	31	36	42	40 (40)	50 (50–70)	(45)	1
Pollock	4VWX	12	20	30	50 (50)	50[o] (50)	(55)	4
	5	14	13	13				
Argentine	4VWX	7	6	1	—	25 (25)	(25)	3
	5	7	33	3	—	25 (25)	(25)	4
Roundnose grenadier	1+Baffin Isl.	8	8	5	—	—		
	2+3	75	24	18	—	32 (30)	(32)	1
Capelin	2+3K	+	46	136	—	110[p] (250)	(300)	3
	3LNOPs	3	25	132	—	148[p]	(200)	3
Herring	4VW(a)	72	32	30	—	45 (45)	(45)	3
	4XW(b)	93	159	135	—			
	4XW(b)(adult)	70	75	91	90	90 (90)	(90)	1
	5Y	51	62	32				
	5Y(adult)	39	43	16	25	25 (25)	(25)	1
	5Z+6	267	174	202	150	150 (150)	(150)	1

TABLE 3. (*Concluded*)

Species	Stock area	Nominal catches (000 tons) 1971	1972	1973[a]	TACs (000 tons)[b] 1973	1974	1975	Assessment category
Mackerel	4VWX	17	13	26	—	55 (—)		
	3+4	24	22	38	—	—	(70)	4
	5+6	349	387	381	450	304 (251–312)	(285)	1
Oth. finfish[q]	5+6	139	115	155	—	125 (125)	(125)	4
Squid(*Illex*)	3+4	9	2	10	—	—	(—)	3
" (*Illex*)	5+6	22	18	23	—	71 (—)	(—)	
" (*Loligo*)	5+6		31	34	—	(50–80)	(71)	2
Overall 2nd tier[r]	5+6	1136	1145	1156	—	923.9 (—)	850 (850)	

[a]Provisional statistics (Summ. Doc. 74/38).
[b]Quantities in brackets are TACs recommended by STACRES.
[c]Includes estimated 12,000 tons outside Convention Area.
[d]Includes estimated 1,000 tons outside Convention Area.
[e]Includes estimated 50,000 tons outside Convention Area.
[f]Includes estimated 20,000 tons outside Convention Area.
[g]Includes estimated 2,000 tons outside Convention Area.
[h]Includes estimated 2,500 tons outside Convention Area.
[i]Recommended TAC pertains to 5(W 69°)+6.
[j]Includes estimated 2,500 tons outside Convention Area.
[k]American plaice, witch, and yellowtail.
[l]All other flounders except yellowtail.
[m]Includes estimated 5,000 tons outside Convention Area.
[n]TACs pertain to 5Z(E 69°) and to 5Z(W 69°)+6, respectively.
[o]Each country to record its catch separately for Subareas 4 and 5, and note that Subarea 5 catch is applied against the second tier quota for Subarea 5 and Statistical Area 6.
[p]Countries without specific allocation may each take a total of 10,000 tons from the stocks, no more than 5,000 tons of which may be taken from Div. 3LNOPs.
[q]Excludes all TAC species and also menhaden, billfishes, tunas, and large sharks.
[r]All finfish species (except menhaden, billfishes, tunas, and large sharks) and squids.

TABLE 4. Strength of Canadian scientific staffs working on Atlantic fisheries matters.

	Total man years[a]					Scientists				
Years	Bedford (MEL)	St. Andrews	St. John's	Halifax	Total	Bedford (MEL)	St. Andrews	St. John's	Halifax	Total
1969–70	51	121	88	86[b]	346	20	29	23	23	95
1970–71	59	118	77	69	323	23	34	21	18	96
1971–72	61	103	83	70	317	24	30	23	19	96
1972–73	71	106	91	73	341	24	33	26	18	101
1973–74	74	109	91	73	347	25	29	29	18	101

[a]Excludes ships' officers and vessel crews.
[b]Includes Grande Rivière laboratory for 1969–70.

shore nature for most of its 150-year history. They noted the change about 1964 to an "offshore" purse seine fishery, particularly for reduction to meal. As shown in Fig. 5, herring landings for many years were commonly between about 80–130 thousand tons. Between 1965 to 1968 the catch had increased from about 200 thousand to 500 thousand tons annually. The industry developed an excess potential for capturing herring, for processing herring, and continued to expand the fishery even though some evidence suggested that the stocks were being heavily fished. The fishery at that stage apparently made no net yield to the economy. Pimlott et al. (1971) noted that "during the build-up of the fishery, no foreign countries participated in the fishery so it could have been subject to control on a national (Canadian) basis."

Since then herring landings peaked at 600 thousand tons in 1969 from the Canadian area, declined rapidly through 1970–72 to about 300 thousand tons (Fig. 5) and by 1975 were constrained by a quota of about 250 thousand tons. Action was taken but somewhat too late to prevent overexploitation.

The three major fisheries off Canada's shore are: Gulf of St. Lawrence–SW Newfoundland, the Chedabucto Bay — E Cape Breton fishery, and the S Nova Scotia–Bay of Fundy fishery. Of these, TACs for the first and third were derived using analytical models (type 1 of ICNAF); the TAC for the second was derived from general biological information (type 3). For the Gulf of St. Lawrence–SW Newfoundland fishery, it has been determined by tagging that: the stocks intermix, with members older than about 5 years

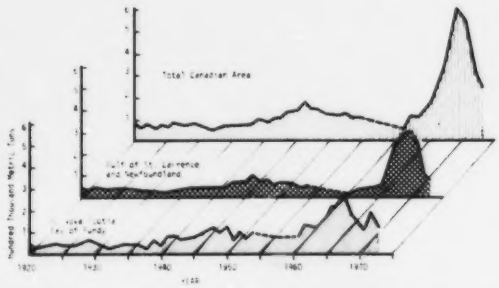


FIG. 5. Herring landings Canadian Atlantic area (1920–54 from Scattergood and Tibbo 1951; 1961 onwards, ICNAF Stat. Bull.)

migrating to Newfoundland in the winter; that the tremendous surge of the fishery from about 60 thousand tons in 1966 to over 300 thousand tons in 1970 (Fig. 5) was due to two very large year-classes — the fall spawners of 1958 and the spring spawners of 1959; that the subsequent rapid decline to landings of about 80 thousand tons in 1973 resulting from fishing and natural mortality on these two year-classes, plus the lack of "good" year-classes since 1959. Thus the analytical basis for the TAC with this stock is weak because of lack of any real knowledge of: prerecruit strength or even of prerecruit distribution; whether or not the system is fairly stable (i.e. whether 1958 and 1959 were abnormalities); what size a reasonable spawning stock should be; and the very pertinent question as to the fate of a S Newfoundland fishery if the stocks are fished heavily in the Gulf of St. Lawrence because

without older fish there may be no migrations to SW Newfoundland.

The Chedabucto Bay–E Cape Breton fishery presents a different set of gaps: identification and/or definition of spawning areas of sufficient size to provide the basis of a fishery of such quantity has not yet been achieved; composition of the stock is not known precisely (the hypothesis is that there are three components); and interrelationship of juveniles and adults is not known.

However, a TAC has been set based on general biological knowledge. The action, therefore, follows the suggestion of Larkin and Wilimovsky (1973) that successful management should proceed from decisions taken on inadequate knowledge to decisions made on less inadequate knowledge.

The fact that recent catches have become more dependent on young fish may suggest that the TAC has been overestimated.

The third major fishery, SW Nova Scotia–Bay of Fundy, (Fig. 5) also presents major problems. ICNAF reports state that TACs were set using an analytical model of the fishery. Again there were some major hypotheses, not yet well supported by data, about stock definition in assigning the fishery components to the main SW Nova Scotian stock (Miller and Halliday 1974). Uncertainties exist with assigning adult stock and progeny to portions of the Gulf of Maine, Georges Bank, and SW Nova Scotia stock complex. Calculating a TAC for this system has become progressively more difficult as the fishery has become dependent on younger fish. Currently 2- or 3-year-old fish may, if the year-class is large, make up the bulk of the catch. Because there is no quantitative estimate of new year-classes before they are recruited to the fishery, the TACs remain crude approximations.

While it is most heartening to note the recent change towards making timely decisions even on less than adequate data, there are also disadvantages. The 1970s are a period of transition. Scientific talent is being mobilized to spend a large portion of time and money to estimate and defend TACs that have extremely large error components because they are derived from crude models and inadequate data. So far as can be ascertained, no estimate of error components has been made. A TAC of 90 thousand tons has been estimated for the SW Nova Scotian–Bay of Fundy fishery for 2 years in a row; knowing that fluctuation in year-class in such an area is very large, this repeated estimate of 90 thousand tons may mean either that the model being used is insensitive or that assumptions are being altered so as to retain the status quo.

The foregoing is a relatively brief account of a very complex problem for fishery research as it relates to management. However, it illustrates a variety of problems that reoccur with practically all the 56 stocks for which TACs have been estimated. These may be summarized as follows:

TACs have now been set for almost all commercially utilized stocks along the Atlantic coast using some method of calculation but need updating each year so long as stock by stock "control" is being used.

While TACs and national quotas can constrain both pulse fishing and too rapid intensification of exploitation, too much of the "research effort" is being diverted to manipulate coarse data into simple models with relatively little objective reliability.

For many stocks, as exemplified by herring, maps of various stages of the life histories are inadequate.

Monitoring is in a difficult state in that the accuracy of statistics and landings for all countries are suspect, data on area of capture may well be falsified, technical sampling for sizes and ages both landed and caught are inadequate (ICNAF Redbook 1972, 1973), sizes and kinds of fish being discarded are unreported.

Current estimates are based largely on data provided by mapping and monitoring and attempts at relational and causal modeling are still crude.

The present stock-based TAC approach does not address effectively some mixed fishing problems, particularly concerning the incidental take of species highly regarded by other countries.

The process of estimating TACs which should be entirely scientific has been politicized in that experts aim to maintain the status quo (ICNAF Redbook 1974) unless evidence for change is overwhelming.

With increased fishing effort ages and sizes of fish being caught are being reduced, number of year-classes in a fishery are lessened, and the trend is toward instability (Regier and Loftus 1972).

With the marked trend toward harvesting new recruits, current models need good information about prerecruits (in some cases larvae) but independent, quantitative sampling methods for prerecruits have been developed for only a few species.

2. Pacific Fisheries

The history and development of the fisheries off the coast of British Columbia have been described by Shepard and Stevenson (1956), Larkin and Ricker (1964), Hourston (1972), and a recent unpublished report by a Groundfish

Task Force of the Fisheries and Marine Service. Hart (1973) has compiled descriptions of Pacific coast species with brief accounts of their distribution and life histories.

While we could address the Pacific coast fisheries according to the time sequence method used for the Atlantic coast, the lesser complexity and the dominant role of the salmon and halibut fisheries has led us to organize this account in relation to taxa. Research and some institutional aspects will be discussed following the species' accounts.

(a) Salmon — The salmon fishery of British Columbia is based mainly on five species of *Oncorhynchus*. Commercial fisheries for salmon began about 1863 for sockeye (Clemens 1956) and by the early 1900s some stocks were heavily exploited. Intensive commercial fisheries for the other species date from around 1920. Fluctuations in catches have justifiably attracted much scientific attention.

Salmon contribute to a major fishery. During 1957–72 landings averaged 60 thousand tons (range 34–82 thousand). In 1973 landings reached a recent high of 84 thousand tons with a record landed value of $100 million.

In general the methods of fishing salmon have been closely regulated and limited to gillnets, purse seines, and trolling gear. Both the commercial and sport fishery have been restricted to such measures as closed areas, closed periods, type of gear used, and further measures to minimize interference between gears. Most of the Canadian and U.S. fishery takes place close to shore, within national fishing zones, and close to the river of origin for each of the various salmon stocks. Regulation is aimed to achieve maximum catches, subject to a constraint that spawning escapement be large enough to obtain maximum salmon recruitment. National and international management of the many stocks ascending the various rivers is complex, in order to adjust rate of exploitation to the size of stocks present in individual areas, each year. Unlike most marine species Pacific salmon die immediately after spawning, thus any underexploitation does not leave survivors to be caught another year. Also, an overabundance of escaped spawners may overseed some spawning grounds.

Ecological complexity has required that regulations governing international competition for the salmon be complex as well. For example, the International Pacific Salmon Fisheries Commission (IPSFC) along with its duties in building up Fraser River sockeye salmon stocks, has to adjust regulations to ensure equal catches by U.S. and Canadian fishermen, since the Fraser River sockeye pass through both Canadian and United States territorial waters. In addition, the pink salmon stocks of the Fraser River and adjacent areas were put under control of the International Pacific Salmon Fisheries Commission in 1957. Though IPSFC provides a mechanism to equalize catches for Canada and the USA within treaty waters, major irritants within these and other coastal fisheries still remain to be resolved and are the subject of recurring bilateral negotiations.

What sets the anadromous salmon on both coasts apart from other shelf species in Canada's LOS position is the problem of high-seas fisheries, outside any proposed economic zone. Direct tagging and the use of biological tags have shown that salmon, during their marine life, migrate over broad areas of the high seas (Manzer et al. 1965; Godfrey 1965; Mason 1965; Margolis et al. 1966; Neave et al. 1967; Shepard et al. 1968). In the Pacific, current salmon fisheries on the high seas are being limited so that few salmon from streams of Canadian origin are being taken there. Limitation has come through the location of the longitudinal "line" east of which Japan is not allowed to fish. One of Canada's major international objectives is to eliminate all high-seas fishing by other nationals for anadromous stocks spawned in Canada (Haig-Brown 1974).

(b) Groundfish (excluding halibut) — According to a recent groundfish task force assessment report, mean annual production for Canadian and U.S. vessels off the British Columbia coast during 1963–72 was about 34 thousand tons, of which Canada took some 59%. Pacific cod, Pacific ocean perch, other rockfish, lingcod, rock sole, and Dover sole comprise 83% of the landings by the two fleets.

Emphasis has shifted from species to species and bank to bank depending on abundance of fish and market demand. During the period 1963–72, Canadian vessels have tended to land the greater proportion of Pacific cod, rock sole, lingcod, and more recently of Dover sole as well. United States vessels have landed greater proportions of Pacific ocean perch and other rockfish.

Currently most of the catch is taken by otter trawling, a method of fishing that came into prominence in the early 1940s (Larkin and Ricker 1964). The trawling fleet consists mainly of combination vessels that take groundfish for about 4½ months each year. Most of the vessels are old and of inadequate size, power, and equipment for effective trawling (Groundfish Task Force Report). Currently midwater trawling, pair seining, and trap fishing for black cod are being introduced.

Most of the present groundfish fishery off the

B.C. coast lies within Canada's declared territorial sea and closing lines in the Strait of Georgia, Queen Charlotte Sound–Hecate Strait region and off the west coast of Vancouver Island. Major expansion of groundfish catches can be made within this protected area by fishing recently discovered stocks of hake and pollock in the Strait of Georgia and fishing rockfish in the Queen Charlotte Sound–Hecate Strait using midwater trawls. Dixon Entrance stock abundance and distribution are reported to be relatively unknown. Estimates of possible expansion within areas of current Canadian jurisdiction are up to 57 thousand tons and include a variety of species either now discarded or unfished.

Japanese and Soviet vessels began operations off B.C. in 1966 and their initial production was about 45 thousand tons, mainly rockfishes. Subsequently, the Japanese vessels turned to black cod using set-line and the USSR to hake using midwater trawl (Groundfish Task Force Report). Statistics of Soviet landings are provided annually under terms of a bilateral agreement concerning fisheries of mutual interest in the NE Pacific.

A contrast between Atlantic and Pacific within the groundfish fishery is that species preferred by Canadian fishermen have not been caught extensively by Japan and USSR. But the B.C. industry's interest in exploiting rockfish and black cod is growing.

The competition for groundfish stocks, largely between Canadian and U.S. fishermen, is related very directly to the marketing process in North America because much of the Canadian catch is marketed in the U.S. With the significantly narrower Pacific coastal shelf and the present closing lines the incidental catch by foreign vessels of species highly desired by Canada is not such a great problem as on the Atlantic coast. That is not to say that there is no discard problem: estimates indicate that Canadian fishermen discard up to 40% of their trawl catches because some species are not yet marketable.

So far as management is concerned the recent Japanese and Soviet fisheries off Vancouver Island would be affected if a 200-mile economic zone position is accepted by international negotiators. The Japanese fishery appears already to have depleted rockfish off the west coast of Vancouver Island and thus reduced one opportunity of rapid expansion for Canadian fishermen. The Soviet fleet fishing for Pacific hake in the region would also pose problems, both of control and research. For hake these problems would be compounded by the migration of the same stocks along the Pacific coast to cross over postulated boundaries of Canadian and U.S. economic zones.

Problems of groundfish allocation between Canada and the U.S. may now be more difficult on Pacific than on the Atlantic coast. For example, the U.S. catches a much higher proportion of groundfish within Canadian waters on the Pacific coast than on the Atlantic. Waters to the north off Alaska, which fall within the postulated U.S. economic zone, appear to hold possibilities for Canadian expansion, and a considerable portion of the Canadian halibut catch already comes from such waters.

(c) Halibut — Halibut has been the object of a large specialized demersal fishery long since regulated by an international commission. Peak catches in the early fishery were taken about 1915 (Shepard and Stevenson 1956). Falling catches then led to the formation in the 1920s of an international commission (now called the International Pacific Halibut Commission) with Canada and the U.S. as participants. Its aim has been to investigate the decline in stocks and to regulate the fishery.

Control of the fishery has been through annual catch quotas and limitation of fishing methodology to longlining and trolling. Halibut caught by Canadian and U.S. trawlers must be released. An introduction of quotas coincided with the start of the increase in abundance of halibut. The possibility that a long-term natural change may also have affected abundance has been discussed by Burkenroad (1948) and Ketchen (1956), but vigorously denied by Bell and Pruter (1958).

The specified objectives of the Halibut Commission to maintain stocks at a high level of sustained physical yield were well met by the quota system until the late 1960s. The economics of the Halibut Commission regulations up to the mid-1950s have been documented by Crutchfield and Zellner (1963) who concluded that the side effects of the regulations prevented achievement of any important net economic contribution. Since 1956 the most important factor in relation to length of season was the adoption by fisherman of a between-trip layover program.

In the 1970s the Pacific halibut fishery is experiencing major difficulties with catch quotas set at levels near those when the Commission began its management regime. These were foreseen by Larkin and Ricker (1964) who pointed to possible interference from increased otter trawling by Soviet and Japanese vessels. They queried whether the halibut fishery based on longlining for large fish could be maintained.

Skud (1973) has summarized recent events, pointing out that decline in halibut stocks began when effort by trawlers for other groundfish was relatively low. He suggests that when IPHC did reduce catch limits, the reductions were not suffi-

cient compensation. With current low stock levels the North American fishery for halibut is in jeopardy because losses to trawl fleets, particularly in the Bering Sea, are uncontrolled and continue to increase. He compares the situation with problems of "incidental species catches" elsewhere (haddock in the North Atlantic, lobsters, crabs, etc.) and suggests possible methods of alleviating problems for the longline specialized halibut fishery in relation to the larger multispecies trawl fisheries.

Events in the halibut fishery on the Pacific coast bear some similarity to those in the halibut fishery of the Atlantic area. McCracken (1958) reviewed the halibut fishery in the NW Atlantic and noted the vulnerability of halibut to the otter trawl. Halibut catches in the Atlantic have never been regulated by quota and are currently at a low level. In many areas of intensive otter trawl fishing such as on Georges Bank or the S Grand Bank where halibut was once common, it is now a rarity. Catches even at the present low level have been maintained only in regions where rough bottom has tended to restrict otter trawling.

(d) Herring — Briefly summarized (see Shepard and Stevenson 1956, and Larkin and Ricker 1964) the herring fishery began in the late 1800s and from the early 1900s showed a steady expansion until the mid-1960s both in size of catch (Table 5) and number of stocks exploited. Catches were processed for dry salt herring until markets declined in the early 1930s and at that time landings declined from about 80 thousand tons to 30 thousand tons. The reduction industry, begun in 1924, was well established by the early 1940s at which time catches averaged about 100 thousand tons annually (Table 5). In the early 1930s erratic catches on the west coast of Vancouver Island led to establishment of quota restrictions there and on the lower east coast as well. Stimulated by markets the fishery expanded to other areas and by the early 1940s landings were about 100 thousand tons annually, with purse seines used almost exclusively. At that time all major populations, except those of the Queen Charlotte Island, were subject to catch quotas.

Larkin and Ricker (1964) reviewed the Pacific Coast herring as follows:

"In the mid-1940's doubt emerged regarding the need for catch quotas. It was shown that the abundance of a herring population was dependent upon the abundance of the constituent year-classes and that the low catches which had occurred on the west coast of Vancouver Island were primarily due to the absence of strong year-classes for several successive years (Tester 1948). The recovery of that fishery in 1945–46 resulted from the appearance of the rich 1943 year-class. Furthermore, it appeared that the production of strong or weak year-classes had not been caused by variations in the amount of fishing, or variations in the size of the spawning stock (over the range observed). Small year-classes did not generally result from small spawnings, nor did large year-classes tend to result from large spawnings. For example, the strong 1943 year-class was derived from an exceptionally poor spawning.

These findings had important economic implications: quota restrictions might have been wasting thousands of tons of herring in years of abundance. Interest in the quota problem reached a peak when a strong post-war European market (in the mid-1940's) was stimulating the development of the herring industry. As a result, the efficacy of the quota system was tested by removing the quota from the West Coast herring fishery and assessing the catches and escapements. Results of the experiment indicated that, in some

TABLE 5. Canadian landings of herring from the British Columbia coast (1910/11–1957/58 from Ricker and Larkin (1964), 1958–72 from Annual Statistical Review of Canadian Fisheries, Vol. 5).

Years	millions of pounds
1910/11–1914/15	55
1915/16–1920	73
1921–1925	111
1926–1930	141
1931–1935/36	100
1936/37–1940/41	221
1941/42–1945/46	199
1946/47–1950/51	343
1951/52–1955/56[a]	336 (414)
1956/57	354
1957/58[b]	165
1958	405
1959	444
1960[b]	188
1961	448
1962	445
1963	572
1964	505
1965	444
1966	307
1967	117
1968	6
1969	4
1970	8
1971	22
1972	86

[a]Fishing effort very low in 1952/53 as a result of a dispute over prices. The figure in brackets is the average 4-year catch excluding 1952/53.

[b]Fishing effort was low in 1957/58 and 1960 because of a price dispute.

regions at least, limitations of catch by quotas are unnecessary.

Year-to-year variations in oceanographic conditions, and particularly the abundance of the right kind of food, have a profound effect on the survival of herring larvae."

While quotas for most stocks were retained, extensions to the quotas were readily granted when information from the fishing grounds indicated that stocks were large.

Statistics of landings presented in Table 5 show a pattern that bears considerable similarity to the course of some of the Atlantic coast fisheries. The marked increase in landings beginning in the 1950s was followed by a rapid decrease in catch. After a succession of poor year-classes the herring reduction fishery was closed in 1967 because overfishing was inferred. The industry was allowed to harvest again in 1971, on condition that the catch be used for food (Hourston 1972). Beginning in that year a fishery for herring roe was developed.

Relating the collapse of the Pacific fishery to the Atlantic herring fishery it was the mobility of the Pacific herring seiner fleet that allowed it to move to the Atlantic, where it contributed to the uncontrolled expansion of the Atlantic fishery. The classic pattern followed by the Pacific herring fishery should have been recognized and guarded against in the Atlantic herring fishery development.

One contrast between the Atlantic and Pacific has been the greater tendency on the Atlantic to aim at a maximum sustained yield, while on the Pacific some degree of underutilization is accepted until harvestable surpluses can be predicted more accurately (Hourston 1972). The Pacific coast herring stocks are less vulnerable to fishing by foreign nations than on the Atlantic and therefore less directly affected by international negotiations. Current quotas appear to be considerably less than the stock can produce on a cohort by cohort basis, Thus the stocks may be large enough to attract attention from foreign fleets during their summer offshore feeding migration. Some herring are being caught by Soviet vessels and presumably if the stocks are not being fully utilized the abstention principle within INPFC might be inapplicable to Japanese vessels.

Herring roe for Japanese consumption has a high landed and wholesale value. Reopening of a controlled reduction fishery under flexible management to make *better* use of harvestable surplus needs consideration.

Shepard and Stevenson (1956) and Larkin and Ricker (1964) point to the effect of environmental factors on survival of larvae. The former state: "Recent studies have suggested that annual variation in meteorological and oceanographic conditions have a profound effect on the survival of herring larvae. It would appear that such natural factors operating in early life have a greater effect on the strength of herring year classes than the number of spawning fish that escape the fishery." The key to setting quotas on a cohort basis appears to be development of methodology for more precise measurement of prerecruit herring.

(e) Shrimps — Five species of shrimps are taken by small meshed trawls on mud or sand bottoms and have been taken commercially since about 1900. From 1957 to 1970 landings averaged about 1.6 million pounds annually but have declined to about 0.8 million pounds in 1971–72. The recent Pacific Groundfish Task Force report suggests that potential yield off W Vancouver Island may be about 10 million pounds and that although relatively unassessed, the shrimp and prawn stocks in Queen Charlotte Sound and Hecate Strait could be as much as 15 million pounds annually. Recent exploratory fishing has led to commercial harvesting in both regions but full expansion will depend on technical development of rough bottom gear.

3. Institutional Problems and Implications for Research

Here we review briefly some of the research problems on the Pacific coast, compare them with those of the Atlantic coast and note how the institutional arrangements tend to affect the research carried out.

Most of the shelf stocks on the Atlantic coast are under the ICNAF umbrella to which countries fishing the area belong. ICNAF has no research staff and studies on the various Atlantic species are carried out by staffs of the various nations belonging to ICNAF. Voluntary collaboration is arranged at ICNAF meetings. Similar arrangements exist for wide-ranging tunas through the International Convention for the Conservation of Atlantic Tunas.

In contrast, several Pacific coast commissions, such as IPHC and IPSC, have their own research staffs each with limited aims and areas of jurisdiction. Also in contrast, membership in particular Pacific commissions is less comprehensive. Thus the International North Pacific Commission does not include such important fishing nations as the USSR and Korea.

Some alternative arrangement will presumably replace the present conglomeration of fisheries agreements in the North Pacific (Needler 1973; Kasahara and Burke 1973). If so, the rearrangement may well affect the manner in which research is organized.

(a) Herring — Research and information gaps outlined for Pacific herring by Hourston (1972) resemble those outlined above for Atlantic herring. He lists more precise catch statistics, expanded sampling, test fishing for abundance measures, monitoring of environment, assessment of market conditions, identification of discrete stocks, improved methodology for recruitment estimation, estimation of spawning stock, role of herring in the food chain, research on sociological impacts of changes in processing, etc. Thus the status of mapping, monitoring, and modeling for herring stocks on both coasts are relatively similar.

(b) Groundfish — For groundfish, research problems on both coasts tend to similarity. For most of the Pacific groundfish fisheries, in which Canadians are currently interested, monitoring of catches and landings may be better to a degree, because mainly Canadian and U.S. vessels are involved and the Pacific Marine Fisheries Commission (PMFC) provides a forum for exchange of information and views. However, the PMFC is a five-state U.S. commission at which Canada technically has no voice. For fisheries such as those carried out by the Soviets, monitoring data are not fully available to Canada because of the lack of appropriate institutional arrangements.

In mapping, the recent groundfish task force report suggests that the most serious restraint to development of the otter trawl fishery (other than marketing) is that reasonably accurate estimates of size or yield are not available for most of the groundfish stocks off British Columbia, especially the northern part of the coast. Estimates are in fact only educated guesses.

Our discussions with government and industry members on the Pacific coast indicated that even hydrographic charting along the slope of west coast Vancouver Island, in the deep water of the Queen Charlotte Sound–Hecate Strait area, and for Dixon Entrance, was inadequate for trawling development.

Research on B.C. stocks of groundfish is not now confronted with issues as crucial as those for the Atlantic coast. Not that mapping, monitoring, and modeling are much farther advanced for B.C. stocks, but rather the stocks are currently better protected by Canadian fishing zones and are not stressed as heavily.

Canada should perhaps collaborate in research on hake stocks, as this species apparently migrates between two postulated economic zones. The scale of such a research operation, along with the current lack of Canadian commercial interest in this species, poses difficult problems.

(c) Halibut — Among the groundfish, the nature of the specialized halibut fishery sets it apart in several ways thus justifying separate treatment. According to Skud (1973) the role of natural factors, variations, and trends in year-class strength since 1960 have not been assessed. Fluctuations in recruitment are poorly understood. Monitoring and assessment of losses of halibut to trawl fleets are badly needed. Mapping of where and when greatest losses to trawls occur also needs to be intensified, so that possible restrictions by season or area could be implemented. Skud (1973) states that the "simple" halibut fishery of yesteryear no longer exists. Presumably models could be developed to define more precisely what has replaced it.

(d) Salmon — If anadromous salmon are protected from capture in the international ocean, then emphasis will presumably be placed on enhancement of salmon stocks as described by Larkin (1974). Sufficient research has apparently been done to get on with the job. Unforeseen problems arise which will have to be studied but these will only be recognized and priorities determined by actual trials of enhancement. Marine productivity would not likely be a limiting factor if runs of salmon were materially increased. Enhancement programs might have an undesirable effect on less abundant native stocks. K. H. Loftus is currently involved with a complementary study of research needs with salmon enhancement.

If Canada fails to gain her position concerning salmon in international negotiations, then research would likely take a different course. Detailed understanding of high-seas distributions of different river runs of different species might be necessary if an area-closure form of regulation were used. Presumably this would be accompanied by research on such aspects as genetic characteristics and methodology of making desirable runs dominant.

Current efforts to limit participation in the salmon fishery, through licensing and buy-back methodology, should be evaluated through research on the sociological and economic effects of this policy as it progresses. Within our overall perspective, the "common property–open access–willing consent regime" must be replaced by some practical alternative. Thus we attach high significance to further research and experimentation in this problem area.

4. Beyond 1974

In the rapidly changing scene it is impossible to perceive any details beyond a couple of years. However, decisions are currently being made which imply probable trends in the future of fisheries management (see Section C). Nondecisions, or ad hoc arrangements also set precedents for or

constraints on future action. In addition to analyses of trends and fundamental decisions we may compare, say, the NW Atlantic with other fishery regions that may have progressed farther in their fishery exploitation development in order to derive some further ideas as to future trends.

Following are some major immediate concerns as perceived in late 1974. They have been formulated with Canada's east coast in mind, but apply with some variations on the west coast also.

(a) Shifting realities — The 1974 LOS Conference in Caracas, according to various summations, appeared to lean toward extended coastal state jurisdiction over a coastal economic zone. However, to gain acceptance by distant water nations, one of the conditions appeared to involve a principle of full utilization which would permit foreign states to fish for stocks surplus to coastal states' needs.

Even if LOS were unsuccessful in reaching consensus, Canada would likely begin bilateral negotiations to gain greater control of fisheries on the continental shelf and/or take some unilateral action.

An increase in oil prices by the organization of petroleum producing countries greatly increased energy cost to produce fish from the continental shelf.

Competent crews are more difficult to find. Reduced catch/effort and a resulting comparatively low level of income makes going to sea less attractive than alternative employment ashore, and crewmen also react negatively to increased length of voyage.

With continuing intensification of competition, older, less efficient vessels are rapidly becoming obsolete.

High inflation rates are forcing prices of equipment and capital to extreme levels.

We review some possible implications of all of these in order to clarify what might be expected from scientific researchers.

(b) Full utilization — The concept of full utilization deserves further analysis. Simply conceived, "full utilization" might be the sum of all stock MSYs separately estimated. More complex and realistic definitions are easy to propose but difficult to render operational. We assume here a relatively unsophisticated concept in which "full utilization" would be a simple arithmetic function of TACs as currently being estimated in the ICNAF region.

Full utilization could stress fish resource systems to the limit. We would expect an increasing frequency of species and stock collapse. Figure 6 shows the collapse of the northeast arctic herring fishery and current dependence on capelin, which

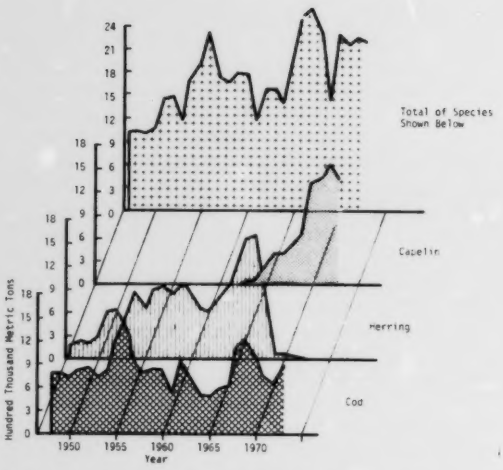


FIG. 6. Landings of selected species and total catches for the NE adctic. Data prior to 1955 do not include Soviet landings.

may well be even less stable to fisheries exploitation than herring.

Full utilization could stress cod, a dominant species across the NW Atlantic, to a state that only the currently recruiting year-class contributed substantially to the fishery. In the NE arctic (Fig. 6) major fluctuations in cod catches appear to have been directly related to recruitment and redeployment of effort (ICES Cooperative Report No. 37).

Full utilization might well depress further catch/unit effort, at least of those stocks currently considered most valuable by Canadians. Certainly, this appears to be the case in the North Sea and NE arctic where catch/effort appears lower than in the NW Atlantic for vessels of similar size. It should be noted that in the North Sea groundfish catch/effort is currently much improved over previous periods in its history, apparently as a result both of markedly increased recruitment for haddock, cod, flatfish, etc. and also because of a reduction in effort below that of the prewar years.

Full utilization may permit further development of fisheries for smaller species, such as capelin and silver hake. If this involves incidental captures of the young of the larger species, the trend may lead to loss of more desirable forms, as appeared to be the case in Lake Erie (Regier and Hartman 1973). Current examples in the NW Atlantic are loss of haddock fisheries in several subareas and yellowtail flounder in Subarea 5.

Full utilization may well involve increased

competition for limited stocks. Available evidence has not demonstrated that major increases in abundance of total biomass or of the ecological production of fish are to be expected following fishing-up to intense levels (Regier 1972, 1973a). Current efforts to reduce overall catch on Georges Bank are an attempt to win back past losses of productivity of preferred species due to overexploitation.

The above analysis assumes that full utilization will be instituted without other major changes in the "common property–open access–willing consent regime" now in place. We address possibilities of change in the latter in Section C. If changes were made, the scenario for "full utilization" sketched above would become obsolete.

(c) Canadian control — Increased Canadian control of the shelf fisheries will turn allocation problems inward. Canada will necessarily take the lead in scientific activities as well as in negotiations. Regions within Canada will get involved more explicitly in the overall process.

Management will have to become more extensive, flexible, and responsive. Scientific analyses will have to include inputs from sociologists, political scientists, economists as well as resource-oriented science.

A current example of lack of comprehension compounded by unwillingness to make decisions is the redfish problem in the Gulf of St. Lawrence. The facts follow.

The stocks being fished are within Canadian jurisdiction. Landings have been made almost exclusively by Canadians. The stock remains within the Gulf of St. Lawrence. Increased technology (midwater, aimed trawling) provided greatly increased catch/effort beginning about the end of 1971. Total landings were being increased markedly by expansion of Canadian effort and by increased catch/effort.

In February 1973 a Canadian meeting of industry plus federal and provincial governments was held to consider the redfish fishery in the Gulf of St. Lawrence. A St. John's, Nfld. research scientist told the meeting:

that the fishery was being supported by one or two successive year-classes;

that the increased catch/effort and total catch was not the result of finding new stocks;

that there was a gap of a number of years between the year-classes being fished and the next recruits;

that the next new year-class was much smaller than the year-classes currently being fished;

that, biologically speaking, there was probably no particular advantage or disadvantage in the time frame over which the current year-classes of redfish were harvested — the reasoning being that spawning stocks seemed relatively large, the redfish had slowed down in growth but natural mortality was low;

that continued fishing at the then current level would rapidly deplete the stocks.

No one "grasped the nettle" of allocation or management for stable returns. Industry proceeded to fish the stocks very hard. The results of the expanded fishery were: to load the freezers with redfish (followed by government decision to can redfish for foreign aid) and to deplete the stocks such that by the fall of 1974 the Gulf of St. Lawrence fishing prospects were perceived as a disaster by fishermen and government alike.

Relating the above scenario to the likely LOS outcome, it is obvious that management decisions must be made on the basis of transdisciplinary information and research and specifically not limited to simplistic resource assessment. Further, gaining preferential harvesting rights will not automatically solve or necessarily alleviate the problems of the fishery. In fact there will probably be a greater need for insight and inputs from different information sources. These will include better researched marketing, socio-economic possibilities, political impacts, as well as resource assessments and ecological responses.

(d) Environmental concerns — Problems of various kinds will likely intensify in the short term and call for more extensive, flexible, and experimental management.

Environmental changes currently occurring and predicted to continue (Bryson 1974) may involve further cooling of waters off Greenland and elsewhere. This has been proposed as the reason for reduced cod recruitment there. If so, reductions in the great cod stocks off Newfoundland may follow. Species such as haddock, herring, etc. in regions farther south may also be influenced.

Pollutants and contaminants will have increasing impacts on inshore resources and a build-up offshore of contaminants transported in the atmosphere is cause for concern. It is unlikely that their ecological effects will work to the benefit of the fisheries (Regier 1973a).

Details sketched above, of what can be expected if fisheries are allowed to proceed in myopic fashion, cumulate to a rather pessimistic prognosis. But there are other larger issues that have recently been joined and that can be interpreted on balance in a more optimistic manner. These are addressed in Section C. We foresee extended intense political activity (Christy 1974), and some trauma in the immediate future, as major new initiatives are instituted to prevent the intensification of the undesirable events sketched above

and to permit some rehabilitation of the more valuable fisheries.

C. Policy Perspectives: What the Thinkers Think

1. Planning Process as Developing

We presuppose a creatively rational form of planning and decision-making in Canada concerning fisheries research as well as other activities (see MacKenzie 1974; Gibbons and Voyer 1974; Fox 1975). Alternatively we might assume a continuing crisis orientation, a thoroughly pragmatic trial and error approach, or arbitrary ministerial fiat. Explicit planning has clear advantages over these three alternatives, we believe.

From a clear formulation of *national perceptions and goals* that are known to be widely held, planners may seek to deduce desired targets or preferred designs and then propose programs to achieve them. Alternatively planners may analyze recent political trends, focusing both on *incremental* and *fundamental nonincremental decisions*, and guess their future consequences, i.e. their *futurity*. These alternatives may be labeled top-downwards and bottom-upwards approaches.

In a mixed economy, major initiatives, of about the same scope and importance as the fundamental policies and decisions of national or regional governments, frequently originate within large corporations and organizations in the private sector. This calls for a lateral planning mechanism. For example, *comprehensive impact assessment procedures* (sometimes termed "technology assessment," as by Gibbons and Voyer 1974) are intended to serve this purpose, but are still at an early primitive state.

We perceive that rational planning must recognize and accommodate top-downwards, bottom-upwards, and lateral forces. The scientific research useful with future problems must be recognizably relevant to all three of the major planning thrusts.

2. Perceptions, Goals, and Policies

In a discussion of U.S. fisheries objectives Alverson and Paulik (1973) have distinguished between internal and external national goals. What Canada's separate or joint internal and external goals are with fisheries is currently under review.

In his address to the Vancouver "Technical Conference on Fishery Management and Development" of FAO the Minister (Davis 1973) enunciated what we take to be "external policies and goals." These include the following, reworded by us in some cases:

Catch target: The productivity of the sea is limited, with 100 million tons of conventional resources annually as a realistic objective.

Benefits: Living resources of the shelf seas should benefit not only ourselves but the rest of mankind.

Ecological aspects: Not only must we maximize fish harvests, but we must also ensure that its unique species, its diversity, its resilience, indeed its magnificence, be preserved forever; each species in its own area has its own catch limit, which must not be exceeded for any length of time; and if an entire ocean is the natural habitat of a species, then the management of that species must be ocean-wide in perspective.

Economic considerations: Optimum sustainable economic yield as a goal is preferred over maximum sustainable yield: higher income for individual fishermen can be achieved by limiting the number of boats and fishermen; and there are many opportunities to upgrade Canadian fisheries.

Elaborated further the above goals and principles presumably underly the articles of Canada's position in the LOS negotiations as well as those of various bilateral and multilateral institutions.

W. C. Mackenzie (unpublished data) has reviewed and analyzed various official and non-governmental statements related to fisheries and found 10 goals that he gathered into three groups as follows:

Environmental harmony: Conservation and enhancement of the harvestable productivity of aquatic (freshwater and marine) ecosystems; understanding and control of the interaction of human society and the biosphere; and development of an ecological conscience in society.

Material well-being: Sustained growth in the regional economics; rising returns to production factors (capital, labor, and enterprise) and equitable distribution of same; increased employment opportunities (quantity and quality); and economic stability (including trade and monetary affairs).

Cultural opportunity: Expansion of opportunities for recreation and personal development (including education and physical and mental health); maintenance of freedom and security (minimum social disruption); and advancement of international peace and progress (national obligations to the world community).

Analyzed further we note a large measure of overlap in the statements by Davis (1973) and MacKenzie (unpublished data). Mackenzie's formulation has been compared with Ontario's statement of fisheries goals (Ontario Ministry of Natural Resources 1972) and found to be generally compatible with it.

During 1974–75 H. A. Regier was a member

of an international group of ecologists convened by L. M. Talbot of the U.S. Council on Environmental Quality to formulate a set of principles "for sustaining wild living resources for present and future generations" (Anon. 1975; Douglas 1975). Four principles were specified:

1. The ecosystem should be maintained in a desirable state such that a) consumptive and nonconsumptive values can be maximized on a continuing basis; b) present and future options are ensured; c) risk of irreversible change or long-term adverse effects is minimized.

2. Management decisions should include a safety factor to allow for the facts that knowledge is limited and institutions are imperfect.

3. Measures to conserve a wild living resource should be formulated and applied so as to avoid wasteful use of other resources.

4. Survey or monitoring, analysis, and assessment should precede planned use and accompany actual use of wild living resources. The results should be made available promptly for critical public review.

The scientists recommended that responsibility for achieving these objectives rest with the party having jurisdiction over the resource.

The account of our fisheries, in Section B above, testifies to the relevance and timeliness of this statement of principles.

3. Fundamental Perceptions and Decisions

In Section A we asserted that the challenge of the 1970s is to terminate one era and to initiate another. This applies to environmental and resource matters in general and thus extends beyond fisheries. We look particularly to those decisions implicating scientific research related to fisheries and the primary fishing industry or users.

a) That *renewable resources are limited* and that the overall supply cannot readily be expanded by the ingenious and inexpensive technological fix is now broadly accepted (FAO 1974). The technological optimists who trumpeted overblown hopes for 1000 million tons of marine protein or an imminent "green revolution" are now being ignored. Largely ignored also are the few sectarians that still threaten with postmortem pain those scientific workers who advise some birth control, and that urge instead that scientists dumbly and faithfully help to feed all the dear children that it pleases God to create. And the vast wastefulness of industrialized western cultures is of growing concern, worldwide.

Canada's initiatives at the 1972 U.N. Conference on the Human Environment, at the 1974 U.N. Conference on World Population, at the 1974 FAO Conference on Food, at the Third Law of the Sea negotiations, and elsewhere, clearly imply strong international commitments and responsibilities on renewable resources. In Canada reserve productive capacity for food is rapidly being taken up in response to increased national and international demand. Large amounts of productive capacity are still being sacrificed to urbanization, waste loadings, pollution, and careless production practices that are widely recognized as undesirable but that are still continuing largely unabated.

In Canada there has been little scientific interest in larger questions of international allocation and equity. The old-fashioned solutions of various denominational and humanitarian charities threaten to be self-defeating in that ecological and other dimensions of the problems are generally ignored by these groups. (Some new, more hopeful initiatives should not be dismissed here.) Meanwhile we feed wastefully on abundant resources. Our personal and national security is not well served by ignoring the larger issues of worldwide resource scarcities.

Clearly extension of management sovereignty over all our shelf seas will bring us into close involvement with other nations addressing the Gordian knot of the growing shortages of animal protein worldwide and the growing waste of protein in Canada and in other developed countries (Borgstrom 1974).

b) Grotius' enunciation of the *freedom of the seas*, in particular of free access to the fisheries of the seas, is no longer valid. Everybody's property is nobody's; when the technological and entrepreneurial capability exists to harvest all stocks, powerful regulatory or allocative mechanisms must be established to prevent overharvesting. The Canadian government has in effect committed itself to solve the "common property–open access problem" (Davis 1973). Progress is slow.

With effective fisheries regulation the demands on scientifically respectable information will become intense. Within a common property–open access regime the practical role of science is little more than scouting and assessing resources in the vanguard of the expanding process of further "development." Such activities as specifying minimum mesh sizes, minimum legal sizes, open seasons, closed areas, etc. are singly or jointly ineffective if the regime is basically one of common property–open access. If in addition "willing consent" implies unanimous acceptance of recommendation that will likely have some unpleasant effects in the immediate future, then demands for information become excessive. Much information is needed in the conventional process but there is little scope for effective action. This

has long been sensed by scientists, with a result that "practical fisheries research" has seldom held for long the commitment of creative scientists. Fortunately for both the industry and scientists, those days will soon be past.

c) Canada's motives for seeking to *extend management sovereignty* over our anadromous salmon wherever they may wander, and over the resources of the shelf seas and beyond to 200 miles where shelf seas are narrow, include the argument that our inland and onshore activities markedly influence offshore fisheries (Haig-Brown 1974). Because we must forego benefits on land, in order that the fisheries not be subjected to disbenefits offshore, we deserve special rights that can be assured by a grant of management sovereignty. What these inland and onshore sacrifices are, and how they relate to offshore fisheries benefits and disbenefits, will need to be spelled out eventually if a coastal nation is to retain credibility.

More than that, it is generally held that a nation's scientific corps, as well as the managerial and diplomatic, will need to be first-rate if it is to assist effectively in resolving complex issues. The lead role in resolving difficult issues, now usually shared by a number of nations, will likely come to rest more squarely on the coastal state.

Whether from the viewpoint of nationalist advantage of transnationalist stewardship or a synthesis of the two, it is clear that Canada's scientific corps must be developed so that it will not suffer in any international comparisons. In this respect, the challenge is great.

d) *Allocation*, using a complex system of quotas based on biologically estimated total allowable catches (TACs) has recently been initiated in ICNAF (see Section B). Interest in explicit allocation, ultimately with respect to individual fishing enterprises, is growing within Canada. Such a policy might greatly simplify programs of rationalization, i.e. the achievement of economic efficiency (Mackenzie 1973). Municipal, provincial, and regional interests will participate in such a process.

e) The owners of a resource generally expect some benefit, *resource rent*, from it. We are coming to expect that the direct user pay resource rents and that the abuser, direct or indirect, pay penalties for harm done. In Canada the direct users of the fisheries resources have often been subsidized. This may be viewed as seed money, or wealth redistribution to compensate for interregional inequities due to other national policies, or a consequence of pork barrel politics, etc. Whatever the inequities of the past, there is a growing interest in generating resource rent, at least from the more valuable and lucrative fisheries resources. Internationally the question arises as to who will pay for research and management costs where multinational fleets use resources for which a coastal state will exercise management sovereignty. Also the possibility exists that net resource rents from the shelf seas may be paid into a fully international fund.

License limitation or entry control together with explicit resource allocation may well be an effective way to solve the common property–open access problem in order to recover resource rent through taxes, royalties, etc.

With a new regime, fishery enterpreneurs, whether private or state, and managers may recognize relevant scientific information as having primary usefulness. No longer will scientists' involvement be restricted to peripheral questions of mesh sizes, seasons, etc. They will now assist in finding appropriate fishing procedures and regulations to maximize resource rents or to achieve some other target.

f) The environmental or *ecological revolution* is the complementary concern to that of renewable resources from a socioeconomic viewpoint. The natural environment is the habitat in which those resources generate themselves. It may be considered a "resource" in that it also accepts and inactivates or regenerates the many wastes we must dispose.

Jointly the concern for habitat health, living resources' productivity, and sympathy for certain taxa such as baby seals and whales, are merging with other forces in society and are being incorporated within new institutions. These forces have been led in part by scientists, and the expectations that such interest groups hold concerning balanced science are more than moderately great. They will expect that major problems be examined in larger political and technical contexts than has been done commonly heretofore.

Part of the resource rent that a nation seeks to recover from a natural ecological system may well be harvestable only as aesthetic, emotional, or ethical satisfaction. With growing populations and intensifying demands on resources, such matters can only become more complex, if allowed to develop in a haphazard manner.

g) Nationally we are moving to *counter extreme manifestations of urbanization*, in which four or five urban areas are growing at rates beyond all reason. Hence the interest in viable small- to medium-sized communities, alternative life styles, labor intensive enterprises, the service industry, and small establishments (Macpherson 1972). Politics of economic rationalization will need to meet the test that they not contribute to further undesirable urbanization.

Clearly there are needs for research by political

scientists on institutional infrastructures and policies. Sociologists, geographers, and the disciplines more usually associated with fisheries — economists, engineers, fisheries biologists — will need to work with political scientists in transdisciplinary contexts. Because the scientific competence is now accessible regionally in Canada, it would be inexcusable to blunder through this process of redirection purely by trial and error or through piecemeal administrative fiat by politicians often striving competitively against each other.

h) As our social fabric has become more convoluted and interwoven, demands for *explicit planning* have been heard and to some extent heeded. These demands arose in industry, in government, and in various institutions they are by no means simply a ploy of bureaucratic administrators seeking to enhance personal security. One of the common tests of planning efficacy is whether or not major alternatives to the status quo are identified and analyzed in some detail.

When common property–open access–willing consent regimes were dominant, it was held that freedoms were not to be constrained except on particular scientific evidence so strong that it commanded consensus even of parties strongly biased against such advice. With a displacement of earlier policies by those of licensing, limited access, quota regulation, and experimental management, scientific information is needed for direct action as opposed to the more constrained role of indirect reaction earlier.

It has often been stated that effective regulatory protocols can be developed on a semiexperimental basis that does not require full scientific understanding. This is quite true. On the other hand, so-called experimental approaches that are little more than undisciplined trial and error, without careful prior design and subsequent evaluation, would again lead to great waste and inefficiency.

The basic shift in development and management approaches does not call for less science but rather calls for the type of science appropriate to the new way of doing things. The responsibilities for broadly based science increase and intensify, and the necessary information becomes a primary basis of decision, rather than a peripheral and ineffectual constraint, as was the case earlier.

i) Within Canada there appears to be a growing commitment to *cost-effective, interdisciplinary "big science."*

In their own rights, science and technology have become foci for intense policy debate in Canada and elsewhere. Various studies have been performed under the auspices of the Science Council of Canada, including several that relate to fisheries problems. Modification of the role of the Fisheries Research Board is just one event in many related to policy changes.

With continuing commitment to plan rationally for science and technology in Canada, the case for fisheries science and research will need to be made explicitly in a forum where other interests will also be heard. One clear implication is that the "Regius professor" syndrome (Hayes 1973) will often find a frosty welcome in the research budgeting process, and only carefully justified research proposals will be successfully funded. The case for particular studies will need to be made clearly and intelligibly to senior officers and others not fully conversant with the theoretical scope and details. This in itself will demand skills that have not heretofore been as necessary in Canada, especially not within the government scientific establishment.

j) The *research planning, programming,* and *funding* procedures with respect to Canada's fisheries resources are at present in a state of chaos. A national research institution, the Fisheries Research Board with a network of laboratories and granting functions, with all its shortcomings was recognized for its excellence around the world; it has been taken apart and the pieces have not yet been put together in an alternative viable structure. A number of senior scientists recognized the world over have recently retired from service, and the succession process has remained unplanned. Meanwhile a university grant program has been transformed into a process in which university scientists are expected to compete to serve as junior assistants to younger scientists in the feredal service. Add to this a government make-or-buy policy which is intended to stimulate private enterprise to enter the fields of science and technology on contract in the hope that science will be more effectively transferred into technology as a result. The first decade of the science that is produced under contract to private enterprise can hardly be expected to be first-rate though it may be useful science (Meyboom 1974). Thus at a time when Canada badly needs effective science on fisheries resources, the country finds itself without an appropriate institutional structure to stimulate, guide, and achieve scientific success.

k) Quite clearly the methods of science, shared by all peoples of the world, are being mobilized in part to forestall confrontation by force. This can work only so long as scientists are *technically competent and objective.* Special consideration needs to be given to the latter proviso.

With respect to renewable resources and the environment, institutions at various levels are rapidly being created, perhaps largely in an ad hoc manner heretofore, and are being tested. No

longer can a few senior bureaucrats, politicians, industrialists, and fishermen make major decisions quietly on the basis simply of their shared, informed judgments. It is becoming much more complex than that. Predictably each major interest or group that is involved in the planning and decision-making will wish to have scientific assistance relevant to its purposes.

Even under conditions approaching total freedom, scientific objectivity is an ideal that is difficult to realize (Mumford 1970). The ideal remains at best remote where scientists must offer scientific advice to their personal superiors who also bear direct short-term responsibility for practical and political decision-making. Personal job security often takes precedence over a commitment to objective science, under such circumstances.

Concluding this section on policy perspectives, what has been elaborated above may be condensed as follows. Various fundamental trends and decisions have led Canadians to view their shelf fisheries as of greater significance than heretofore. This has come at the same time that Canadian governments are experimenting seriously with policy and program planning in a rationalist mode. One of the policy areas that has received intensive consideration is the new planning approach in science and technology. The main effect to date is that the institutions in place in the 1960s with responsibilities for scientific research in fisheries are no longer effective, and new ones have not yet been well established. To continue to drift is to risk the total collapse of fisheries science in Canada.

D. Framework for Tomorrow's Fisheries Science

During recent years many analyses of research needs in fisheries have been published; in Canada these include works by Pimlott et al. (1971), Larkin et al. (1970), Stewart and Dickie (1971), and others. We believe that our proposals are generally consistent with those of others and hope that we have contributed something to their further development, clarification, and justification.

Recent Canadian proposals in fisheries research are in general not inconsistent with what most other groups in the world are now thinking, if we understand them correctly. For example, we have compared our perceptions with many papers of the 1973 FAO Technical Conference on Fishery Management and Development (Ricker and Weeks 1973).

The tradition that developed with respect to North Sea circumstances in the 1950s became dominant in FAO with a result that technical manuals that would have been particularly relevant to the North Sea at the time were produced and promoted worldwide. The tacit assumption appears to have been that what was good for the North Sea must be good for the world. To a limited extent the assumption was valid. Originators of this program in FAO have long since seen its limitations and have initiated new directions (Kesteven 1972). Also, FAO officers such as J. Marr (1973), M. Ruivo, and J. A. Gulland have stimulated a search for alternatives. Yet the narrower preoccupation is still too much in evidence in committee reports (see Lucas et al. 1974).

In the preceding section of this report we have sketched fundamental decisions and trends that we perceive to be particularly relevant to Canada's fisheries. Only some of these would apply to other nations; some other policies adopted elsewhere would not interest Canadians. Thus we do not entertain the fancy that the following framework will have worldwide relevance.

To the extent that planning and decision-making will be participatory and rational in Canada, explicit demands will likely surface for objectively reliable scientific information relevant to each of the policy issues sketched in Section C. To set up long-term separate research groups to address these various issues more or less independently would involve major inefficiencies. This would be another instance of adhocracy. Certainly some experts or small working groups should be assigned responsibility for addressing each of these issues until resolved. But to a large extent the information and methods (mapping plus monitoring plus modeling) are jointly relevant to the issues and can be shared communally *provided* that efficient and effective research planning and decision-making institutions are developed. Surprisingly little scientific attention has been directed to this latter proviso, in fisheries.

1. Client Institutions for Scientific Research

We feel that we must address the question of what the nature of future institutions may be. The clients for research, those that will apply the information and insights, will be nested within new institutions to a large degree. Scientific research will be organized in a manner compatible with the structures and functions of tomorrow's planning and decision-making institutions.

For a socially important resource and/or a large geographic area and/or with respect to issues of major significance, planning and decision-making institutions tend to become organized in

part vertically into hierarchically tiered structures and in part laterally into competing or countervailing agencies and institutions.

We proceed here at the risk of losing credibility. Thompson and Eddy (1973) have reviewed jurisdictional problems in natural resource management in Canada. They have stated that "the complexity of constitutional jurisdiction over these resources is out of all proportion to their economic importance" and have cited fisheries as an obvious example. In what follows we assume that an alternative structure, to what now exists with respect to our marine fisheries, is already building and that it, or some other initiative, will soon trigger an appropriate simplication and rearrangement within those overly complex arrangements.

Beginnings of three levels of decision-making with respect to living marine renewable resources off our coasts are now discernible. If more levels are developed, as may be the case locally, it may be with the tacit recognition that three levels have primary significance.

a) At the most general level, some system of worldwide law is developing as a result of the Third Conference on Law of the Sea. If the world's people, acting through the United Nations or some transnational institution, decide that animal protein shortages or the risk of major war are of sufficient concern, then they will seek to coerce the interests dominant in a local area in a direction that will benefit the greater good. Thus, though Canada will likely assume management sovereignty over its shelf seas, it will be held strictly accountable, particularly in time of crisis, with respect to general principles never fully specified. Presumably a major concern will be that all areas of the oceans produce animal protein efficiently from the broad viewpoint of a worldwide scarcity of animal protein.

A second concern of the open ocean interests may relate to stocks such as whales and tuna to be administered by appropriate agencies. These taxa migrate into the shelf seas over which separate nations have management sovereignty or even into fully national waters and thus arise needs to coordinate decision-making between these levels.

b) With a broader international understanding, Canada intends to exercise the rights of management sovereignty in the shelf seas off its national limits. For the next decade at least this will involve close negotiations with other users of those resources. Initially an ICNAF-like body will continue to act on our Atlantic coast. An alternative will likely be developed for the welter of bilateral and multilateral arrangements on our west coast (Needler 1973).

It seems unlikely that the ICNAF system as developed in 1974 — with total allowable catches (TACs) on many stocks, national quotas by areas and stocks, etc. — will continue for long. Not adequately taken into account are the ecological interactions between species as affected by fishing priorities and protocols (Fukuda 1973), the problem of incidental catches, and concepts of protein production efficiency (Eddie and Insull 1973). To elaborate the present approach further in an incremental manner will make it very cumbersome administratively even if it were possible to perform the necessary scientific research and services effectively. But the latter condition itself cannot be met directly (Regier 1972). Some senior officers in Canada's fisheries establishment have recognized that the manpower demands simply for the negotiating process have become exorbitant.

Extending the current ICNAF approach may also be seriously out of phase with developments in the industry and trade worldwide. Thus Eddie and Insull (1973) suggest that technological trends in the fishing and food industries may render a stock by stock accounting unnecessary. The developments that Eddie and Insull mention are the ability 1) to catch fish in almost any part of the ocean at almost any season of the year and bring the catch to the consuming country, however distant, in acceptable condition; and 2) to make acceptable products from raw material hitherto difficult to utilize into standard, familiar, and acceptable food products. Such an approach is unlikely to attract favorable interest by the Canadian fishery and marketing industry for some time to come.

The implications for decision-making and the requisite scientific research and services might be quite different for a regime set up to maximize or optimize yields of homogeneous protein as compared to one set up to optimize catches separately for three or four score of discrete stocks. Eddie and Insull (1973) suggest questions related to their proposals worthy of close scientific attention. Further they suggest that research resources might well be diverted from study of fish stocks to the development of desirable protein products from currently unexciting and underutilized resources! The latter proposal interests us, though our bias is to object and demand thoughtful reflection; ecological research is just now maturing and should not be phased out before it has had an effective opportunity to demonstrate its usefulness.

The prudent course might be to note that the approach currently in place off our Atlantic coast — and perhaps also now preferred for our Pacific fisheries since it is generally consistent with

stated goals (Davis 1973) — will not likely persist for very long (see also Finkle 1974b). Alternatives have been proposed and should be researched now. Ostrom and Ostrom (1971) state that individual users in a common property–open access system relying upon a basic decision rule of "willing consent" commonly seek to conceal or minimize general recourse to essential information they possess. If this obsolescent system is replaced by something that is workable, then industry will presumably collaborate more freely in producing detailed atlases and reliable data series.

Though the monitor series on catches are currently kept up to date by ICNAF, their reliability is uneven. It is widely known that catches on occasion have greatly exceeded quotas of various countries, yet catches greater than quotas were seldom reported. A number of countries do not report large incidental catches of food and industrial species. Some monitor series on oceanographic conditions have been neglected and are almost inaccessible; others are fully inaccessible because they involve military interests.

Models that incorporate cause–effect mechanisms are not well developed for marine fisheries. For purposes of estimating maximum sustainable yield some very simple single-stock "response models" are used. They now have practically no predictive value between year-classes, though they are useful to forecast allowable catches given an early direct estimate of a cohort's abundance (Regier 1974a). The more realistic models developed successfully for certain carefully studied stocks of Pacific salmon (Larkin 1970) cannot be extended to more than a small number of taxa because of the exorbitant demands for detailed data inherent within that approach. Alternatives are being proposed and initiated both for marine systems, e.g. W. H. Sutcliffe et al. (unpublished data), and freshwater fisheries (Regier and Henderson 1973; Henderson et al. 1973; Ryder et al. 1974). The characteristics of marine and freshwater systems are not so different as to justify fully separate approaches and institutions.

The approach of *dynamic functional modeling* — sometimes called "systems analysis" though the latter term should be reserved for a larger meaning — was used within the International Biological Program by several groups in Canada and also by several other groups working independently (Chambers 1973). Currently groups at the University of Washington are applying these methods to study fisheries off the west coast of North America (L. J. Bledsoe personal communication).

c) The third level of government agencies here identified is that relating to resources within our jurisdictional boundaries, closing lines, etc. Here some foreign nations may have special fishing agreements, but the major problems stem from competing interests of different Canadian regions, provinces, municipalities, and groups of fishermen for the shared resources. In addition, a major potential conflict exists in that some migratory resources are share between users operating within strictly Canadian waters and those of the shelf seas.

The problems at this level are severely tangled in the Atlantic provinces. Various jurisdictional issues are in doubt (Thompson and Eddy 1973) and the socioeconomic difficulties appear to be immense (Copes 1972; Macpherson 1972). This will likely be complicated further through joint ventures, expansion of Pacific coast fishing interests in the Atlantic and vice versa, and the entry of more multinational corporations, etc.

Though daunting, the intranational problems with fisheries will need to be addressed much more effectively and soon. Canada's negotiators with other countries will be expected to take explicitly into consideration the special interests of different groups within Canada, including those of the inshore group. This may be accomplished by developing an appropriate institutional forum, in which Canadian positions will be developed with participation by all major regional interests, prior to the periodic international negotiations.

For our purposes we note again that all the major interests in the regional intranational forum demand that relevant and reliable scientific information be made available to them.

Summarizing from a geographic perspective, the three tiers of decision-making will be focused on different scales geographically, temporally, with respect to quantities of resource harvested, and kinds of resources. For example, the explicit focus may be, respectively, the world's ocean at the level of the North Atlantic, the shelf sea off Canada's Atlantic provinces, the waters over which Canada has full jurisdictional control within the Atlantic region.

To state that each of these tiers will need scientific services and relevant scientific research is not to imply that those services will need to be organized and administered completely independently of each other. But the specific needs will be somewhat different and some division of labor will increase overall efficiency.

2. A Balanced Scientific Information System

Whatever the structure and limits of responsibility of the decision-making institutions, the scientific information should include maps (X_1), monitor series (X_2), and explicative models (X_3)

for each of the four variables, habitat (Y_1), living resources (Y_2), fisheries harvests (Y_3) and harvesting capacity (Y_4).

Minimally the 3X by 4Y matrix can serve as an accounting device in that it sets up a core of 12 classes of scientific information that will be necessary in any case. Thus class X_1Y_1 would be habitat maps, X_3Y_3 would be models explaining fisheries harvests, and X_2Y_4 would be industry data series. We might enquire at any time what the current status is of the core system and it should never be difficult to canvas the literature and enquire of experts and thus determine that status.

Though the set of X's — map, monitor, model — is constant for different management regimes, the definitions of the separate Y's — habitat, resource stock, harvests, and capacity — may be quite different. Consider for example the proposal by Eddie and Insull (1973) that less administrative and scientific effort be put into monitoring and conserving local fisheries, especially where the stocks are migratory or interrelated, and more effort into the problem of getting the maximum amount of food out of the oceans as a whole. The way in which a unit resource could be defined following Eddie and Insull's approach might be consistent with ecological models as proposed by Sutcliffe et al. (1974) or Regier and Henderson (1973) and would be quite different from the unit stock approach used currently in ICNAF. Clearly alternatives to the present approach deserve more study.

It is surprising that the voluminous data from life history studies and fishermen's experience on the distribution and migration of various stocks have not been brought together more comprehensively in an atlas.

The consensus among the experts within the various groups that have worked on fisheries systems appears to be that any concerted attempt to produce dynamic simulations leads very effectively to the identification of what is now known, from a causal viewpoint. It has great merit as a device to coerce participants within a group to specify clearly their assumptions, information, hypotheses, etc. The first generation simulation, when fully constructed and tested, will likely have no great predictive power and relatively little immediate practical importance. But it seems likely that third generation attempts, that may be available a decade hence, will have practical usefulness that will more than repay the investment to develop them. Second generation attempts include Unesco's Man and the Biosphere Program in which Canada is playing a prominent role.

From the viewpoint of science as science, the development of models of whatever type is an essential aspect of the overall strategy. It has been observed that "fisheries science" has few theories or explanatory models. If this is a fair statement, then we must acknowledge that our science is still in an adolescent phase — now anxious to mature.

We conclude that "systems analysis," defined in a broad way and not limited in connotation to "dynamic simulation and functional modeling," needs special stimulus in a number of fisheries research centers in Canada. The approach should be at the level of *resource science*, rather than, say, local marine fisheries. Such expertise is being developed further within two international agencies in which Canada has close involvement: Unesco's Man and the Biosphere Program and the International Institute of Applied Systems Analysis. In addition FAO's Advisory Committee on Marine Resources Research currently has a working party developing a report on the subject.

3. A Transdisciplinary Context for Decision-Making

Figure 7 illustrates a context fundamental to practical decision-making which can be shown to underly major applications of science to resource development, management, and conservation. The two axes identify quantitative considerations which economically rational decision-makers inevitably take into consideration at an early stage in any important deliberation. This context and various implications have been analyzed more fully elsewhere (Regier 1973b, 1975) and only some aspects particularly relevant to our present work are mentioned here. The context is equally relevant to resource harvesting and environmental loading by wastes, but only the former is of immediate interest here. The names entered in Fig. 7 are those of fisheries scientists who have worked in systems characterized approximately by the coordinates at which the names are located. The list of references may be examined for information on the nature of fish taxa and resource systems studied by these workers.

For decades now a debate has progressed on the question of maximum sustained biological yield versus sustained economic yield. It may serve no useful purpose here to review all the details of that debate, inasmuch as the alternatives will remain ideal abstractions. In a nutshell, biologically disciplined scientists have argued in the past that the practical economics of a fishery are beyond rational control anyway, hence all that can be done realistically is to regulate the fishing process in order to prevent reduction of the productive biomass below a level at which it produces maximum yields. Scientists disciplined in eco-

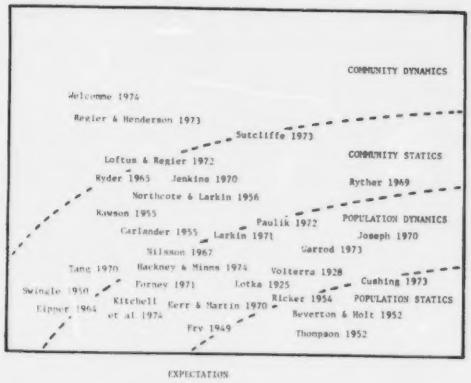


FIG. 7. The most appropriate level of ecological organization to be addressed directly in research and management of a fishery resource depends on the average catch or expectation and the predictive uncertainty or variability of the individual unit stock or stocks comprising the resource. Both axes are logarithmic and extend over some 10 orders of magnitude, up to 10^{10} kg/yr. Each of the four alternatives, here sketched for ecological science, has roughly congruent counterparts in economics and sociology. Different kinds of decision-making rules and mechanisms have evolved for different parts within this expectation X variability domain. Unless special precautions are taken, fisheries and other stresses singly or jointly tend to destabilize the resource ecologically and "drive" the resource system upwards in that domain. Eventually an interdisciplinary approach, that was originally quite adequate, may be rendered obsolete through such destabilization.

nomics see some scope for economic rationality and argue that intensification of fishing efforts should proceed only to that level of biomass at which an increase in sustainable yields is just equal to the cost of effecting that increase.

Put in such simplistic terms the biological maximum versus economic optimum debate can be resolved neatly only for resource systems that fall at the far lower right-hand corner of Fig. 7. The necessary conditions describe a limiting case in the real world — in truth an abstraction — hence the simple arguments at best apply only as an approximation.

The various alternatives with respect to decision-making strategies and the kinds of transdisciplinary science relevant to each have been elaborated elsewhere (Regier 1975). It may suffice here to focus on the four limits of that conceptual space: the bottom, the top, the right side, and the left side.

On the left, unit resource taxa are so small that any sizeable enterprise will organize its activities around a group, perhaps an interacting group, of such resources. Often it will not be worth the expense to map, monitor, and model each resource separately, but rather deal with the group as a group. On the far right, individual stocks are dealt with as such by scientists, industry, politicians, and public.

On the bottom, the risk or temporal variability that is unpredictable in its details is small. Here enterprises, communities, and institutions can establish refined and complex structures and procedures to seek to maximize or optimize the returns. Aside from common property–open access problems, such systems are likely to require relatively little direct governmental involvement other than, say, to limit the powers of monopolies that might develop.

On the top, the continuing risk is very high. Long-term "optimization" may dictate a short-term strategy of minimizing the risk of maximum loss, i.e. economic bankruptcy or loss of life. Here governmental concern may focus primarily on preventing entrepreneurs from engaging in foolhardy ventures, or on setting up appropriate insurance schemes. Fisheries in flood plains, deltas, tropical estuaries, etc. fall near the upper edge; some have been engineered out of existence, as far as fish are concerned, by construction of dams and levees.

Atlantic and Pacific shelf-seas fisheries of particular interest to Canada tend to fall in the right half of Fig. 7, somewhere near the center of the vertical scale. Pelagics tend to be more variable than demersals with some exceptions; averaged over the fish community, inshore benthic systems tend to vary more over time than offshore benthic communities (Regier and Loftus 1972).

The particular relevance of Fig. 7 is to make clear that different kinds of resource systems will require that different kinds of transdiscipilinary models be created and developed by scientists. A simple concept of sustained optimal economic yield is hardly more relevant to most real-life situations than is sustained maximal biological yield. "Full utilization" conceived as a simple sum of separately estimated MSYs of all harvestable stocks, is so gross an oversimplification as to imply a misconception. Alternative concepts and approaches exist — some are being tested here and there in fisheries (see references in Fig. 7) — and rapid progress would likely follow any sensible stimulus to develop these concepts further and apply them to practice.

4. Implications of the Policy that the User Pay

There is little motivation to determine the sep-

arate and joint effects of various uses and users on the resource–habitat system so long as common property is used at such low levels that negative interactions among the different uses are slight, that all people have equal access to the resource, and that no important competitive disbenefits are perceived. But all of this changes when strong negative interactions are perceived, especially when a decision is ultimately taken that every user be charged a fair share for what he withdraws from, or what he imposes on, the common property system.

Recent practical approaches to a policy that the user pay penalties and resource rents have been quite primitive, e.g. with environmental impact assessment (Banfield 1973; Goodwin 1974) and license fees with salmon fishermen (Campbell 1973). Predictably the whole process will become more sophisticated and efficient, though not necessarily more costly (Regier et al. 1974).

With respect to Canada's marine fisheries the separate and joint ecological and other effects of a number of large-scale initiatives will need to be understood far better than they are today. The potential benefits and disbenefits are of such a scale that governments and large corporations will simply not wish to proceed in the absence of reliable information. The manner in which the James Bay hydroelectric project was initiated (Rosenberg 1974) may well be one of the last — though one of the most spectacular — instances of major decisions being taken by political fiat in the absence of any appreciable consideration of many of the social, ecological, and economic aspects of the case.

At a very gross scale some of the major factors that will likely influence shelf-seas fisheries in the next few decades are the following: the fishing industry itself; oil explorations and production; the flow regimes of land run-off; climatic and oceanographic changes; degradation of estuaries and inshore habitat through pollution and shoreline restructuring; and pollution by substances transported long distances in the atmosphere.

If the policy that the user pay has any implications for scientific research, it is that the various effects of these factors must be understood and measured. Such questions can be approached in a number of different ways, and some thought should be given to the practical aspects of the institutional context in which user charges will likely be assessed, before expensive research is expanded further. But this should happen expeditiously.

Within the fisheries factor itself a similar issue arises. What are the benefits and disadvantages, direct and circuitous, between the activities of fishermen targeting on silver hake and those on haddock? Or how will harvests of hundreds of million tons of capelin influence the cod fishery, whaling, and sealing? In the absence of such knowledge to other negotiators, a well-informed interest group could presumably alter an ecological community in the direction of resources which it alone prefers.

5. Cooperative and Experimental Fishing

It is at least conceivable that individual fisheries concerns will eventually purchase rights to specified amounts of fish yield (Christy 1973) subject to a variety of constraints but not such as to diminish seriously the benefits of personal initiative. Under such circumstances it would presumably benefit all fishermen if they shared data on catches on a real time basis.

Reporting of catches on a real time basis may become mandatory if the current system of total allowable catches, national quotas by stocks and areas, etc. extends to deal with issues of interacting species and incidental catches. If this approach is to be supplemented by surveillance overflights, vessel boarding, etc., the logistic difficulties mount and costs rise. And yet the approach may already be recognized as unworkable (Fukuda 1973). This would then develop into a case of expending larger amounts of resources than necessary because an obsolete concept — that fisheries must be managed on a stock by stock basis — pervaded the science. Rather than science serving management needs, management would be seeking to serve the needs of inflexible individuals who happen to be dominant in the fisheries biology establishment, as Fukuda emphasizes.

Clearly some inspired research into alternative science-management options might lead to material reductions in the cost of the necessary and sufficient scientific programs over what is sometimes projected on the basis of the conventional viewpoint.

The interests of scientific frugality may be served further by organizing the fishing process in part more explicitly as experiments. Not that fishermen should come to the scientist for a sophisticated and elegant scientific design. But a sharing of general insights and plans among fishermen, scientists, and managers might lead to consensus that various options be attempted and the consequences be analyzed scientifically. Some of this already happens informally to general advantage; unfortunately little of it is reported scientifically and hence it does not become part of shared knowledge to interact fruitfully with other items of shared knowledge.

E. Meeting the Challenge: Organization, Programs, Facilities

We are all together undergoing a great historical reorientation. Spokesmen for many nations have repeatedly made that point, in essence, in international conferences on the environment in Stockholm (1972), on population in Bucharest (1974), on the law of the sea in Caracas (1974), on food in Rome (1974), and on other components of our transforming realities. To adapt simply and solely by modifying conventional approaches of recent decades by small increments would be a pathetic response. In any case that possibility has already been cancelled in Canada (see Section C) and elsewhere. Our only realistic option now is to create anew but without sacrificing those traditions still of great value (Mumford 1970). This applies as much to fisheries resource science as it does to many other national policies and programs.

Given these circumstances it would serve no useful purpose now to rattle skeletons in the closets of Canada's recent fisheries science and management programs. Far better to concentrate efforts on consolidating what earlier science and practical experience have contributed, to write off the faux pas, and to address seriously the potential within various new beginnings as well as in some neglected work of the past.

In Canada it has happened that some workers on east and west coasts and on the Great Lakes have converged on broadly congruent conclusions: that simplistic approaches to maximum or optimum sustainable yields on a stock by stock basis are obsolescent and clearly would be obsolete by now if some viable alternatives had been developed earlier. Recommendations from their largely separate analyses of regional historical and current events are not very different (see e.g. Larkin 1972; Regier 1972; Dickie 1973). These perceptions, together with related concerns of other disciplines, must now be organized to compete and collaborate in creating the science that will be useful in the 1980s and beyond.

In this spirit we have elaborated some inferences — still in simple form — from our own analyses as summarized in Sections A–D. The high priority recommendations that follow can and should all be addressed more or less concurrently. We have chosen to elaborate some of these recommendations using administrative designations such as "units" and "centers." Basically we are recommending that the *functions* be explicitly recognized and institutionalized. Precisely how this is accomplished is of secondary interest to us here.

By and large, the necessary talents and expertise are already accessible within Canadian governmental, university, and private institutions. It is not clear to us that Canada needs any immediate *major* increase in the number of fisheries resource experts. We do urge the initiation of programs to update and upgrade the expertise of workers already in harness, and where necessary, workers should be transferred to tasks of higher priority.

1. Priority on mapping: Consolidate within regional libraries and periodically update important distributional information on resource habitats, resource stocks at various life history stages, harvests, havesting capability, and other socio-economic quantities.

Oceanographers and geographers have developed comprehensive regional map libraries. Some Canadian universities and government agencies now have compendia of many thousands of maps. Relevant expertise should be coopted to find and bring together existing fisheries maps and to integrate them into regional map libraries.

A program of updating old maps, where they exist, and developing a balanced series of new maps should be undertaken expeditiously.

Photography, from survey and surveillance aircraft and high level satellites, is making available a vast number of "maps" essentially on a real-time basis. Technical specialists who can efficiently access such information for the advantage of fisheries management and science should be attached to the regional map libraries. Some research on mapping methodology itself will be necessary on a continuing basis.

Fisheries mapping units should be established in association with regional oceanographic/geographic map libraries at each of: St. John's, Nfld; Halifax–Bedford; and Vancouver–Nanaimo. Minimally the personnel of each should include a scientific generalist as chief, a photo-interpreter, a map draftsman, and a secretary.

2. Priority on monitoring: Within regional fisheries offices, consolidate and then maintain in current readiness, series of monitored data on ecological, economic, and social factors of particular practical relevance for the 1980s.

In the Atlantic fisheries the process of organizing monitored data series on oceanic variables, sonic and trawl surveys, catches, harvesting effort, etc. has been stimulated by the need to estimate a large number of "total allowable catches" or TACs (see Section B). On the Pacific coast progress along these lines has reached different stages within the various international agencies. On both coasts, the current status can fairly be labeled very heterogeneous and a strong commitment toward rationalization is now essential.

Fisheries monitoring units' terms of reference

should explicity recognize the probability that present arrangements in ICNAF requiring a large number of TACs to be estimated annually, will likely be superseded within a decade by alternative approaches. These new approaches will likely also be introduced off the west coast; if so, the present mix of ad hoc international agencies may be replaced by one or two more comprehensive and effective arrangements. This implies that the fisheries monitoring units have an advisory panel of the more innovative managers, resource scientists (ecologists and economists), and political scientists who will assist in identifying important variables to be monitored.

The staff of the fisheries monitoring units should include a scientific generalist as chief, an expert statistician, a computer specialist, a liaison-information officer to interface with international, national, and regional agencies, and appropriate secretarial and clerical staff.

The mapping and monitoring units might be brought together regionally in scientific services centers. In any case, organized separately as units or as two components of a center; their terms of reference should be based on a review of recent experiences of meteorological and hydrographic services.

3. Priority on management and harvest protocols: Consolidate regionally the scientific and support staff necessary for calculating TACSs and eventually for specifying the kinds of management and harvest protocols that will likely replace the present system based on TACs.

This activity, to the extent that it is based on scientifically valid insights and information, is clearly a management function. Technology transfer, i.e. the application of new science, is involved where ongoing science is actively contributing to the improvement of the harvest regime. Where little is known scientifically, or the conventional science is not highly respected, scientists should participate directly by helping to organize harvesting protocols as experiments, assuming appropriate analysis and evaluation can be assured.

Management and protocol centers should be established on each coast to assume the responsibility for marshalling information necessary for all the important formal negotiations concerning fisheries harvests. Assuming that the three "shells" of policy and decision-making will evolve with respect to Canada's marine fisheries interest (i.e. open international ocean, shelf seas under Canadian management, and inshore national seas), the management and protocol centers will need to be responsive to major needs in all three "shells." Clearly the mapping units and the monitoring units will provide information to the management and protocol centers but the former should not be formally and fully integrated into the latter. Close liaison with fisheries research centers (see next priority) must be cultivated. Provincial fisheries agencies should be invited to second experts to collaborate with federal counterparts in management and protocol centers.

The overall system must be kept flexible to accommodate future changes. If the units and the centers were formally integrated, a growth of a strong resistance to further change could likely not be prevented.

4. Priority on synthesis and modeling: From the perspective of transdisciplinary resource science three or four fully viable fisheries research centers should be established in Canada. Through synthesis and modeling the centers should seek to understand, simulate, and explain major natural and man-made events and processes. Models that encompass social, economic, ecological, and technological components should seek to deal *interalia* with market mechanisms, social infrastructures, macroecological processes, and technological innovations. Such science would facilitate prediction of consequences of various management options concerning fish and other aspects of interest in aquatic systems. Also, it should find effective ways of measuring performance of various government programs.

Fisheries research centers should be established on each coast, one at St. John's–Halifax–Bedford, and the other at Nanaimo–Victoria–Vancouver.

Fisheries research centers focusing on marine systems should be closely linked with similar centers studying freshwater systems. A concerted effort should be directed toward effective interaction between freshwater and marine workers. Some frameworks now exist within which insights and information from both can be brought together to great mutual advantage. Thus from the interests of marine fisheries science itself, there should be established fisheries research centers on freshwaters, perhaps at Toronto–Burlington–Maple studying the Great Lakes and at Winnipeg focusing on smaller continental waters. Eventually a fully fledged center may also be needed for the Arctic Ocean.

A fisheries research center, though an initiative and responsibility of the federal fisheries agency, should formally encompass ongoing participation with provincial agencies, universities, and private research institutions and enterprises. A small steering committee under the chairmanship of the center director may be the appropriate mechanism to achieve such collaborative integration. Research centers' programs should be coordinated by a national senior research officer who is supported by a small staff for planning, programming,

measuring performance, and international cooperation.

Broadly speaking the scientific approach should be consistent with the way in which Canada's Man and the Biosphere Program is developing. The identification or development of promising hypotheses, from a *transdisciplinary perspective*, the subsequent testing in simulation and experimentation, and the application of firm inferences, are the core of that process.

Most of Canada's fisheries research activities should be *explicitly* related to the transdisciplinary programs undertaken by the fisheries research centers. Aspects that might not readily be integrated include fully innovative and curiosity-directed research as well as attempts to reconsider some earlier approaches that have been neglected. Though curiosity-directed and retrospective scientists should report to the center directors, it would not be to the advantage of long-range scientific relevance to coerce all of them into planned collaborative programs.

With respect to all of the foregoing in Section E, we have identified a series of functions to be assigned to separately recognizable units and centers. We conceive these functions as involving *foci* of activities and responsibilities rather than as implying discrete *boundaries* to separate one from another. No responsibility will be met effectively in the absence of appropriate collaboration.

5. Priority on facilitation of experimental management: A capability for practical, planned experimentation should be incorporated within the system of programs and agency infrastructures that is being developed as an alternative to the obsolete "common property–open access–willing consent regime." The assistance of political scientists may well be essential in order to achieve such a capability.

Transdisciplinary experiments should test hypotheses derived from currently best information and insights available from the mapping, monitoring and modeling components of science. Such an experiment should be a collaborative effort between a center for harvest protocols and a center for fisheries research plus assistance from mapping and monitoring units. The center for harvest protocols should take the lead.

It is important that "experimental management" not become a euphemism for ad hoc crisis responses or a trial-and-error "blundering through" process. The later tactics may on occasion be fully justifiable, yet they should not be graced with the adjective "experimental."

6. Priority on division of labor: Develop appropriate screening procedures, incentives as well as successional and transfer programs for three major classes within the scientific manpower mix: for those whose work is program-dictated, or is mission-oriented, or is curiosity-directed.

None of these classes should be considered of inherently higher status to the overall interests of Canada's fisheries. Yet because of heavier demands in training, inertia against professional and educational innovation, etc., it may be that manpower shortages in one or another class will occur; additional recruitment incentives may then be mistakenly interpreted as implying higher status. Possible difficulties of this sort may be minimized by developing programs of upgrading and retraining for the benefit of ambitious personnel.

Many technically expert workers do not aspire to any major creativity and some would break down under any coercive stimulus in that direction. Others are highly creative conceptually with hardly a practical bone in their bodies. Some like to fit together pieces of a scientific puzzle to detect broad patterns even where less than half of the pieces yet exist. Within the mix of essential work, appropriate tasks for each group can readily be identified.

The brunt of implementing the priority recommendations here listed — assuming they were to be found generally useful — should fall primarily on the class of mission-oriented scientists who have achieved some transdisciplinary freedoms. Appropriate roles for the mission-oriented would include those of chief of regional mapping and monitoring units, as well as some of the senior positions, including planning and programming in the regional protocol and research centers.

Scientific and technical experts committed to program-dictated activities would perform most unidisciplinary components within the programs of the mapping and monitoring units and of the protocol and research centers, and would also assist in the work of undirected scientists.

Retrospective or curiosity-directed scientists would usually be senior or exceptional scientists who have through good works or obvious creative talent won the freedom and funds to reinterpret and reassess past work and to explore uncharted waters. These should be associated with regional research centers, cross-appointed to universities, and generally allowed about as much freedom as possible. One of the important constraints on their freedom should be a rigorous system of peer reviews of all study proposals. The day of the blank cheque is gone, at least for a few decades.

Whether a scientific worker's activities are program-dictated or mission-oriented, some significant stimulus for personal iniative and scientific creativity should be built into the reward system. Curiosity-directed workers' reward system will of course rest very squarely on their

creativity. Opportunities for transfer should be based on achievement of appropriate upgrading and retraining.

7. Priority on planning, performing, and reporting research: Making explicit a thread woven through the priorities already specified, research activities should be mobilized into programs with clear objectives adequately reviewed by peers, conducted according to planned schedules, and reported expeditiously.

Accountability criteria applicable to individuals should include one that specifies that new or continued funding of a scientist responsible for a study should depend critically on satisfactory reporting of previously funded work within a reasonable time; exceptions should be granted only by the senior officer of a center or a region and be duly recorded. Too many Canadian fisheries workers of recent decades have been permitted to neglect their duty to report adequately on their work.

On a larger scale, accountability of the total regional research center should remain a concern, and methods of assessing overall effectiveness should be developed further and applied routinely.

Research planning and decision-making should be undertaken with respect to transdisciplinary perspectives. As soon as this can be achieved, workers originally trained in different disciplines will become more collaborative and collegial, rather than competitive and adversary as is so commonly the case in recent "interdisciplinary" attempts. Individual scientists who understand the paradigm of only one narrow discipline, particularly if they are also unilingual or unicultural, could not be expected to contribute centrally to the overall planning and guidance of the research system.

8. Priority on scientific credibility: Clarify the sociopolitical roles of various governmental and other research agencies and institutions, scientific societies and professional associations and then if necessary develop countervailing mechanisms and processes to guard against the subversion of fisheries science for national or other political or personal purposes.

National interests, the short-term self-interest of scientists with strong personalities, or an uncomprehending conservatism, all can lead to the subversion of science. Recent controversies on questions such as the relationship of environmental radioactivity to cancer, smoking to respiratory diseases, phosphate detergents to eutrophication, fishing intensity to species collapse, etc. show clearly that scientists can differ. Undoubtedly scientific objectivity can be bought off or rationalized away in the service of personal, or national goals. There has been much muttering on this problem; it needs now to be faced creatively.

It may be time to organize a Professional Institute of Fisheries in Canada that would certify experts, develop programs of upgrading their technical competence, and enforce codes of professional ethics. Admittedly the latter responsibility is only poorly met by some Canadian professional groups and appropriate and effective accountability mechanisms and procedures should be specified in the charter of such a professional institute.

An international scientific society, in which fisheries science is argued on its merits and is not likely to be readily influenced by political interests, should be considered for both the North Atlantic and the North Pacific. Existing institutions, such as the International Council for the Exploration of the Sea, the Pacific Science Congress, and periodic symposia sponsored jointly by a variety of international bodies do not adequately take the place of mature scientific societies.

9. Priority on research vessels: Canada should acquire new vessels to achieve a logistic research capability at least equal to that of other countries fishing the shelf seas off Canada's coasts.

Canada's research vessels are mostly obsolescent. We lack the capability to stern trawl effectively with various pelagic gear. Newer sonic methodology is being adapted to current vessels rather than having been included in the original design. In addition we lack the capability to work effectively in winter on the major cod stock off eastern Newfoundland and Labrador and to carry out research in deeper waters off the continental shelves.

In conclusion, clearly the priority recommendations here specified need to be integrated with other recommendations of related studies under the aegis of the Fisheries Research Board as well as with the recommendations of various regional strategic planning groups. Some of the administrative and other details elaborated by us, for each of the basic concepts of the recommendations, will undoubtedly be found inappropriate. Nevertheless, we consider it important to include some such details for the sake of general interest.

It would be unfortunate if differences of opinion on details were now to hamper rapid progress. Numerous scientists and administrators have participated in the various planning initiatives on fisheries in Canada during the last 5 years and may well already share a broad consensus with us along the lines of this study. If this is found to be the case, then concerted action is in order. Most of Canada's scientific and tech-

nical experts on fisheries appear to be impatient for some major new initiatives.

Acknowledgments

In all stages of our study we consulted with members and staff of the Fisheries Research Board and were repeatedly assisted by them. Initial ideas were developed in discussions and by study of relevant literature. Singly or together we, McCracken and Regier, then visited industry experts, fisheries laboratories and offices in St. John's, Halifax, St. Andrews, Vancouver, and Nanaimo in Canada as well as laboratories at Wood's Hole and Seattle in the USA, Aberdeen in Scotland, Lowestoft in England, and Charlottenlund in Denmark. We met with multidisciplinary groups of academic scientists in St. John's, Halifax. Vancouver, and Seattle.

During 1973–74 we have had direct involvement in groups acting under other auspices but concerned about research planning in aquatic ecology, renewable resources, and man–resource interactions. Those related to our terms of reference include ICNAF, FAO's Advisory Committee on Marine Research, The International Council for the Exploration of the Sea, Unesco's Man and the Biosphere Program, The International Institute of Applied Systems Analysis, The Institute of Ecology, and the Bucharest Conference on World Population, all at the international level. In addition, we interacted with personnel of the Strategic Planning Branch of the Fisheries and Marine Service at regional levels, as well as with the International Fisheries Branch on questions concerning the Third Conference on the Law of the Sea.

Following many interviews, discussions, and interactions we reviewed and revised our hypotheses and again addressed the literature — now more comprehensively and extensively — to produce this report. Earlier drafts were critically reviewed by the Committee on Aquatic Renewable Resource Management of the Fisheries Research Board. What the contents of this report would be has always remained the responsibility of the authors in their role as scientists.

We acknowledge with thanks the special assistance of the Fisheries Research Board Committee of P. A. Larkin, K. F. Harding, P. Russell, and S. Sinclair; Board officers J. R. Weir and W. R. Martin; Fisheries and Marine Service scientists J. F. Caddy, K. S. Ketchen, A. W. May, W. C. MacKenzie, and B. S. Muir.

The study was conducted under the auspices of the Fisheries Research Board of Canada.

References

ALVERSON, D. L., AND G. J. PAULIK. 1973. Objectives and problems of managing aquatic resources. J. Fish. Res. Board Can. 30: 1936–1947.

ANON. 1975. Panel urges new wildlife management. Sci. News 107: 237 p.

BANFIELD, A. W. F. 1972–73. Environmental impact studies for the proposed northern gas pipeline. Wilfrid Laurier Univ., Waterloo, Ont. Geogr. Inter–Univ. Resour. Manage. Semin. 3: 143–153.

BARANOV, F. I. 1918. On the question of the biological basis of fisheries Nauchno-Issled Ikhtiol. Inst., Izv. 1: 81–128.

BEAULNES, A. 1974. Government and science policy in the 1970s. J. Fish. Res. Board Can. 31: 1278–1280.

BELL, F. H., AND A. T. PRUTER. 1958. Climatic temperature changes and commercial yields of some marine fisheries. J. Fish. Res. Board Can. 15: 625–683.

BEVERTON, R. J. H., AND S. J. HOLT. 1957. On the dynamics of exploited fish populations. Fish. Invest. Minist. Agric. Fish. Food (G.B.) Ser. II, 19: 533 p.

BLACK, W. A., AND J. W. MAXWELL. 1972. Resource utilization: change and adaptation, p. 73–136. *In* A. G. Macpherson [ed.] The Atlantic provinces. Studies in Canadian geography. Univ. Toronto Press, Toronto, Ont. xii + 182 p.

BOGDANOV, A. S., AND K. G. KONSTANTINOV. 1973. Fishery regulations in the ICNAF area. J. Fish. Res. Board Can. 30: 2436–2443.

BORGSTROM, G. 1974. The food–population dilemma. Ambio 3: 106–108.

BROWN, L. 1974. In the human interest. Norton and Co., New York, N.Y. 190 p.

BRYSON, R. A. 1974. A perspective on climatic change. Science 184: 753–760.

BURKENROAD, M. F. 1948. Fluctuations in abundance of Pacific halibut. Bull. Bingham Oceanogr. Collect. 11: 81–129.

CAMPBELL, B. A. 1973. License limitation regulations: Canada's experience. J. Fish. Res. Board Can. 30: 2070–2076.

CARLANDER, K. D. 1955. The standing crop of fish in lakes. J. Fish. Res. Board Can. 12: 543–570.

CHAMBERS, A. D. 1973. The systems approach to resource allocation. Sci. Counc. Can. Spec. Stud. 27: 37–66.

CHANT, D. A., AND H. A. REGIER. 1972. A challenge to the traditional Western view of development. Sci. Forum 5: 3–6.

CHEVALIER, M., AND T. BURNS. 1975. A field concept of public management. Ottawa: Environ. Can., Adv. Concepts Cent. 54 p. (Mimeo)

CHRISTY, F. T. JR. 1973. Fisherman quotas: A tentative suggestion for domestic management. Law of the Sea Inst., Univ. Rhode Island, Occ. Pap. 19: 7 p.

1974. Disparate fisheries: problems for the Law of the Sea Conference and beyond. Ocean Dev. Int. Law J. 1: 337–353.

CLEMENS, W. A. 1956. Some historical aspects of the fisheries resources of British Columbia. Trans. 9th British Columbia Resour. Conf., p. 119–130.

COOPERATIVE RESEARCH REPORT No. 37. 1974. Survey of fish resources in the north-east Atlantic. Int. Counc. Explor. Sea 111 p.

COPES, P. 1972. The resettlement of fishing communities in Newfoundland. Can. Counc. Rural Dev. 259 p.

CRUTCHFIELD, J. A., AND A. ZELLNER. 1963. Economic aspects of the Pacific halibut fishery. Fish. Ind. Res. 1: 173 p.

CUSHING, D. H. 1973. Dependence of recruitment on parent stock. J. Fish. Res. Board Can. 30: 1965–1976.

DAVIS, J. 1973. Managing our oceans for mankind. J. Fish. Res. Board Can. 30: 1928–1930.

DICKIE, L. M. 1973. Interaction between fishery management and environmental protection. J. Fish. Res. Board Can. 30: 2496–2506.

DOUGLAS, J. H. 1975. Harvesting the wild. Sci. News 107: 259–261.

EDDIE, G. C., AND A. D. INSULL. 1973. Impact of technical development on the problems and opportunities in world fisheries and their management. J. Fish. Res. Board Can. 30: 2490–2495.

EDELMAN, M. S., AND I. I. DOKUCHAEV. 1973. Development of national quotas by the International Commission for the Northwest Atlantic. J. Fish. Res. Board Can. 30: 2427–2435.

EIPPER, A. W. 1964. Growth, mortality rates, and standing crops of trout in New York farm ponds. Cornell Univ. Agric. Exp. Stn. Mem. 388: 67 p.

FAO. 1974. Population, food supply and agricultural development. Bucharest World Popul. Conf. Background Pap. E/CONF.60/CBP/25: 27 p.

FINKLE, P. Z. R. 1974a. Realities of environmental management: the case of marine fisheries. Queen's Q. 81: 240–246.

1974b. The International Commission for the Northwest Atlantic Fisheries: An experiment in conservation. Dalhousie Law J. 1: 526–550.

FORNEY, J. L. 1971. Development of dominant year classes in a yellow perch population. Trans. Am. Fish. Soc. 100: 739–749.

FOX, I. K. 1975. Canadian policy development for management of environmental resources. Vancouver: Univ. British Columbia Westwater Res. Cent. 63 p. (Mimeo)

FRY, F. E. J. 1949. Statistics of a lake trout fishery. Biometrics 5: 27–67.

FUKUDA, Y. 1973. A gap between theory and practice. J. Fish. Res. Board Can. 30: 1986–1991.

GARROD, D. J. 1973. Management of multiple resources. J. Fish. Res. Board Can. 30: 1977–1985.

GIBBONS, M., AND R. VOYER. 1974. A technology assessment system: a case study of East Coast offshore petroleum exploration. Sci. Counc. Can., Spec. Stud. No. 30. 114 p.

GODFREY, H. 1965. Salmon of the North Pacific ocean. Part IX. Coho, chinook and masu salmon in offshore waters. I. Coho salmon. Int. North Pac. Fish. Comm., Bull. 18: 1–39.

GOODWIN, C. E. 1974. Environmental impact assessment — a review. Bull. Conserv. Counc. Ont. 21: 17–24.

GULLAND, J. A. 1974. The management of marine fisheries. Scientechnice Publishers Ltd., Bristol. 198 p.

HACKNEY, P. A., AND C. K. MINNS. 1974. A computer model of biomass dynamics with implications for its use in fishery management. Trans. Am. Fish. Soc. 103: 215–225.

HAIG-BROWN, R. 1974. The salmon. Ottawa: Environ. Can. Fish. Mar. Serv. 79 p.

HART, J. L. 1973. Pacific fishes of Canada. Bull. Fish. Res. Board Can. 180: 740 p.

HAYES, F. R. 1973. The Chaining of Prometheus: Evolution of a Power Structure for Canadian Science. Univ. Toronto Press, Toronto, Ont. xix + 217 p.

HENDERSON, H. F., R. A. RYDER, AND A. W. KUDHONGONIA. 1973. Assessing fishery potentials of lakes and reservoirs. J. Fish. Res. Board Can. 30: 2000–2009.

HENNEMUTH, R. C. 1973. Management of sea fisheries in the Northwest Atlantic. J. Fish. Res. Board Can. 30: 2444–2451.

HERRINGTON, W. C. 1936. Decline in haddock abundance on Georges Bank and a practical remedy. Bur. Fish. U.S. Dep. Comm., Fish Circ. 23: 22 p.

1941. A crisis in the haddock fishery. Fish Wildl. Serv., U.S. Dep. Int., Circ. 4: 14 p.

HEYERDAHL, E. G., AND M. D. GROSSLEIN. 1974. Status of pre-recruit abundance estimates for major species in ICNAF Subareas 5 and 6. ICNAF Res. Doc. 33. (authors' permission)

HOURSTON, W. R. 1972. The herring fishery: potential for expansion. Fish. Serv., Pac. Reg. 11 p.

INTERNATIONAL COMMISSION FOR THE NORTHWEST ATLANTIC FISHERIES. Standing Committee on Research and Statistics Proceedings — Part 1, 1971, 1972, 1973.

INTERNATIONAL COMMISSION FOR THE NORTHWEST ATLANTIC FISHERIES. Redbook, 1974.

INTERNATIONAL COMMISSION FOR THE NORTHWEST ATLANTIC FISHERIES. Statistical Bulletins 1–22, 1951–72.

JENKINS, R. M. 1970. The influence of engineering design and other environmental factors on reservoir fishery resources. J. Am. Water Res. Assoc. 16: 110–119.

JOSEPH, J. 1970. Management of tropical tunas in the eastern Pacific ocean. Trans. Am. Fish. Soc. 99: 629–648.

KASAHARA, H., AND W. BURKE. 1973. North Pacific fisheries management resources for the future program of international studies of fishery arrangements. Pap. 2: 91 p.

KERR, S. R., AND N. V. MARTIN. 1970. Trophic-dynamics of lake trout production systems, p. 365–376. *In* J. H. Steele [ed.] Marine Food Chains. Oliver and Boyd, Edinburgh.

KESTEVEN, G. L. 1972. Management of the exploitation of fishery resources, p 229–261. *In* B. J. Rothschild [ed.] World fisheries policy: Multidisciplinary views. Univ. Washington Press, Seattle, Wash. xix + 272 p.

KETCHEN, K. S. 1956. Climatic trends and fluctuations in yield of marine fisheries of the Northeast Pacific. J. Fish. Res. Board Can. 13: 357–374.

KITCHELL, J. F., J. F. KOONCE, R. V. O'NEILL, H. H. SHUGART JR., J. J. MAGNUSON, AND R. S. BOOTH. 1974. Model of fish biomass dynamics. Trans. Am. Fish. Soc. 103: 786–798.

LARKIN, P. A. 1970. Management of Pacific salmon in North America, p. 223–236. *In* N. G. Benson [ed.] A Century of Fisheries in North America. Am. Fish. Soc. Spec. Publ. 7: 330 p.

1971. Simulation studies of Adams River sockeye salmon (*Oncorhynchus nerka*). J. Fish. Res. Board Can. 28: 1493–1502.

1972. A confidential memorandum on fisheries science, p. 189–197. *In* B. J. Rothschild [ed.] World fisheries policy: Multidisciplinary views. Univ. Washington Press, Seattle, Wash. xix + 272 p.

1974. (With appendices by B. A. Campbell and C. H. Clay.) Play it again Sam — an essay in salmon enhancement. J. Fish. Res. Board Can. 31: 1433–1459.

LARKIN, P. A. ET AL. 1970. This land is their land. Sci. Counc. Can. Rep. 9: 41 p.

LARKIN, P. A., AND W. E. RICKER. 1964. Canada's Pacific marine fisheries — past performance and future prospects. Trans. 15th British Columbia Nat. Resour. Conf. p. 194–268.

LARKIN, P. A., AND N. J. WILIMOVSKY. 1973. Contem-

porary methods and future trends in fishery management and development. J. Fish. Res. Board Can. 30: 1948–1957.

LAURIE, A. H., AND J. F. RAHRER. 1972. Lake Superior: effects of exploitation and introductions on the salmonid community. J. Fish. Res. Board Can. 29: 765–776.

LEIM, A. H., AND W. B. SCOTT. 1966. Fishes of the Atlantic coast of Canada. Bull. Fish. Res. Board Can. 155: 485 p.

LOFTUS, K. H., AND H. A. REGIER [ed.]. 1972. Proceedings of the Symposium on Salmonid Communities in Oligotrophic Lakes. J. Fish. Res. Board Can. 29: 613–986.

LOTKA, A. J. 1925. The elements of physical biology. Williams and Wilkins, Baltimore, Md. (Republished in 1956 as "Elements of mathematical biology," Dover Publ., New York, N.Y. xxx 470 p.)

LUCAS, C. E. 1973. Scientific advice to fisheries bodies. J. Fish. Res. Board Can. 30: 1958–1964.

LUCAS, C. E. et al. 1974. The scientific advisory function in international fishery management and development bodies. Report of ACMRR Working Party. FAO Fish. Rep. No. 142, Suppl. 1, ix + 14 p.

MACKENZIE, W. C. 1973. Reconciling conflicts among different economic interest groups in the management of fisheries. J. Fish. Res. Board Can. 30: 2065–2069.

1974. Conceptual aspects of strategic planning for fishery management and development. J. Fish. Res. Board Can. 31: 1705–1712.

MACPHERSON, A. G. 1972. People in transition: The broken mosaic, p. 46–72. *In* A. G. MacPherson [ed.] The Atlantic Provinces. Studies in Canadian Geography. Univ. Toronto Press, Toronto, Ont.

MANZER, J. I., T. ISHIDA, A. E. PETERSON, AND M. G. HANDVAN. 1965. Salmon of the North Pacific ocean, Part V. Offshore distribution of salmon. Int. North Pac. Fish. Comm. Bull. 15: 452 p.

MARGOLIS, L., F. C. CLEAVER, Y. FUKUDA, AND H. GODFREY. 1966. Salmon of the North Pacific ocean, Part VI. Sockeye salmon in offshore waters. Int. North Pac. Fish. Comm. Bull. 20: 70 p.

MARR, J. C. 1973. Management and development of fisheries in the Indian Ocean. J. Fish. Res. Board Can. 30: 2312–2320.

MASON, J. E. 1965. Salmon of the North Pacific ocean, Part IX. Coho, chinook and masu salmon in offshore waters. 2. Chinook salmon. Int. North Pac. Fish. Comm. Bull. 16: 73 p.

MCCRACKEN, F. D. 1958. On the biology and fishery of the Canadian Atlantic halibut, *Hippoglossus hippoglossus*. J. Fish. Res. Board Can. 15: 1269–1311.

MEYBOOM, P. 1974. In–house vs contractual research: the federal Make-or-Buy Policy. Can. Public. Adm. 17: 563–585.

MILLER, D. S., AND R. G. HALLIDAY. 1974. An assessment of the 4x–4wb herring stock. ICNAF Res. Doc. 13: 1–38.

MÖCKLINGHOFF, G. 1973. Management and development of fisheries in the North Atlantic. J. Fish. Res. Board Can. 30: 2402–2418.

MUMFORD, L. 1970. The Myth of the Machine, Vol. 2. The Pentagon of Power. Harcourt, Brace, Jovanovich, New York, N.Y. 496 p.

NEAVE, F., T. ISHIDA, AND S. MARAI. 1967. Salmon of the North Pacific ocean, Part VII. Pink salmon in offshore waters. Int. North Pac. Fish. Comm. Bull. 22: 39 p.

NEEDLER, A. W. H. 1973. Chairman's summary of the highlights of the Conference. J. Fish. Res. Board Can. 30(12, 2): 2508–2511.

NILSSON, N.–A. 1967. Interactive segregation between fish species, p. 295–313. *In* S. D. Gerking [ed.] The biological basis of freshwater fish production. Blackwell, Oxford.

NORTHCOTE, T. G., AND P. A. LARKIN. 1956. Indices of productivity in British Columbia lakes. J. Fish. Res. Board Can. 13: 515–540.

OECD 1970. The measurement of scientific and technical activities. Organ. Econ. Coop. Dev. DAS/SPR/70.40: 77 p.

ONTARIO MINISTRY OF NATURAL RESOURCES. 1972. A guide to organization and management systems. 49 p.

OSTROM, V., AND E. OSTROM. 1971. A political theory for institutional analysis, p. 173–186. *In* F. A. Butrico, C. J. Touhil, and I. L. Whitman [ed.] Resource Management in the Great Lakes Basin. Heath Lexington Books, Lexington, Mass. xiii + 190 p.

PAULIK, G. J. 1972. Fisheries and the quantitative revolution, p. 219–288. *In* B. J. Rothschild [ed.] World fisheries policy: multidisciplinary views. Univ. Washington Press, Seattle, Wash.

PIMLOTT, D. H., C. J. KERSWILL, AND J. R. BIDER. 1971. Scientific activities in fisheries and wildlife resources. Sci. Counc. Can. Spec. Stud. No. 15: 191 p.

RAWSON, D. S. 1955. Morphometry as a dominant factor in the productivity of large lakes. Verh. Int. Ver. Limnol. 12: 164–175.

REGIER, H. A. 1972. Community transformation — some lessons from large lakes. Univ. Washington Publ. Fish., N.S. 5: 35–40.

1973a. Sequence of exploitation of stocks in multispecies fisheries in the Laurentian Great Lakes. J. Fish. Res. Board Can. 30: 1992–1999.

1973b. The dynamics of fish populations, fish communities, and aquatic ecosystems: a framework of alternative approaches. *In* J. A. Gulland [ed.] The population dynamics of fishes. John Wiley, London. (In press)

1974a. Fishery ecology: a perspective for the near future. J. Fish. Res. Board Can. 31: 1303–1306.

1974b. Ends and beginnings. Trans. Am. Fish. Soc. 103: 406–410.

1975. Fishery regimes: the roles of slogans and of science. Univ. Toronto Press, Toronto, Ont. (In press)

REGIER, H. A., P. L. BISHOP, AND D. J. RAPPORT. 1974. Planned trans disciplinary approaches: renewable resources and the natural environment, particularly fisheries. J. Fish. Res. Board Can. 31: 1683–1703.

REGIER, H. A., AND W. L. HARTMAN. 1973. Lake Erie's fish community: 150 years of cultural stresses. Science 180: 1248–1255.

REGIER, H. A., AND H. F. HENDERSON. 1973. Towards a broad ecological model of fish communities and fisheries. Trans. Am. Fish. Soc. 102: 56–72.

REGIER, H. A., AND K. H. LOFTUS. 19" Effects of fisheries exploitation on salmonid communities in oligotrophic lakes. J. Fish. Res. Board Can. 29: 929–968.

RICKER, W. E. 1948. Methods of estimating vital statistics

of fish populations. Indiana Univ. Publ. Sci. Ser. 15: 101 p.

1954. Stock and recruitment. J. Fish. Res. Board Can. 11: 559–623.

1958. Handbook of computations for biological statistics of fish populations. Bull. Fish. Res. Board Can. 119: 300 p.

RICKER, W. E., AND E. P. WEEKS [ed.]. 1973. FAO Technical Conference on Fishery Management and Development. J. Fish. Res. Board Can. 30: 1921–2537.

ROSENBERG, D. 1974. James Bay update. Alternatives 4: 4–9.

RYDER, R. A. 1965. A method for estimating the potential fish production of north-temperate lakes. Trans. Am. Fish. Soc. 94: 214–218.

RYDER, R. A., S. R. KERR, K. H. LOFTUS, AND H. A. REGIER. 1974. The morphoedaphic index, a fish yield estimator — review and evaluation. J. Fish. Res. Board Can. 31: 663–688.

RYTHER, J. H. 1969. Photosynthesis and fish production in the sea. Science 166: 72–76.

SCATTERGOOD, L., AND S. N. TIBBO. 1951. The herring fishery of the northwest Atlantic. Bull. Fish. Res. Board Can. 121: 42 p.

SCHAEFER, M. B. 1954. Some aspects of the dynamics of population important to the management of commercial marine fisheries. Bull. Inter-Am. Trop. Tuna Comm. 1: 27–56.

1957. A study of the dynamics of the fishery for yellow fin tuna in the eastern tropical Pacific Ocean. Bull. Inter-Am. Trop. Tuna Comm. 2: 247–285.

SHEPARD, M. P., A. C. HARTT, AND T. YONEMORI. 1968. Salmon of the north Pacific ocean, Part VIII. Chum salmon in offshore waters. Int. North Pac. Fish. Comm. Bull. 25: 69 p.

SHEPARD, M. P., AND J. C. STEVENSON. 1956. Abundance, distribution and commercial importance of the fisheries resources of Canada's west coast. Trans. 9th British Columbia Resour. Conf. p. 131–191.

SKUD, B. C. 1973. Management of the Pacific halibut fishery. J. Fish. Res. Board Can. 30: 2393–2398.

STEWART, R. W., AND L. M. DICKIE. 1971. Ad Mare: Canada looks to the Sea. Sci. Counc. Spec. Stud. No. 16: 173 p.

STRONG, M. 1975. We can cure our ailing world. Toronto Star, Jan. 6, 1975. p. C.3.

SUTCLIFFE, W. H. JR. 1973. Correlations between seasonal river discharge and local landings of American lobster (*Homarus americanus*) and Atlantic halibut (*Hippoglossus hippoglossus*) in the Gulf of St. Lawrence. J. Fish. Res. Board Can. 30: 856–859.

SUTCLIFFE, W. H. JR., R. LOUCKS, AND K. DRINKWATER. 1974. Possible relationship of ocean circulation to fish production on the Scotian Shelf and in the Gulf of Maine. ICNAF Res. Doc. 75/9, Ser. 3451.

SWINGLE, H. S. 1950. Relationships and dynamics of balanced and unbalanced fish populations. Ala. Polytech. Inst., Agric. Exp. Stn., Bull. 274: 74 p.

TANG, Y. A. 1970. Evaluation of balance between fishes and available fish foods in multi-species fish culture ponds in Taiwan. Trans. Am. Fish. Soc. 99: 708–718.

TEMPLEMAN, W. 1966. Marine resources of Newfoundland. Bull. Fish. Res. Board Can. 154: 170 p.

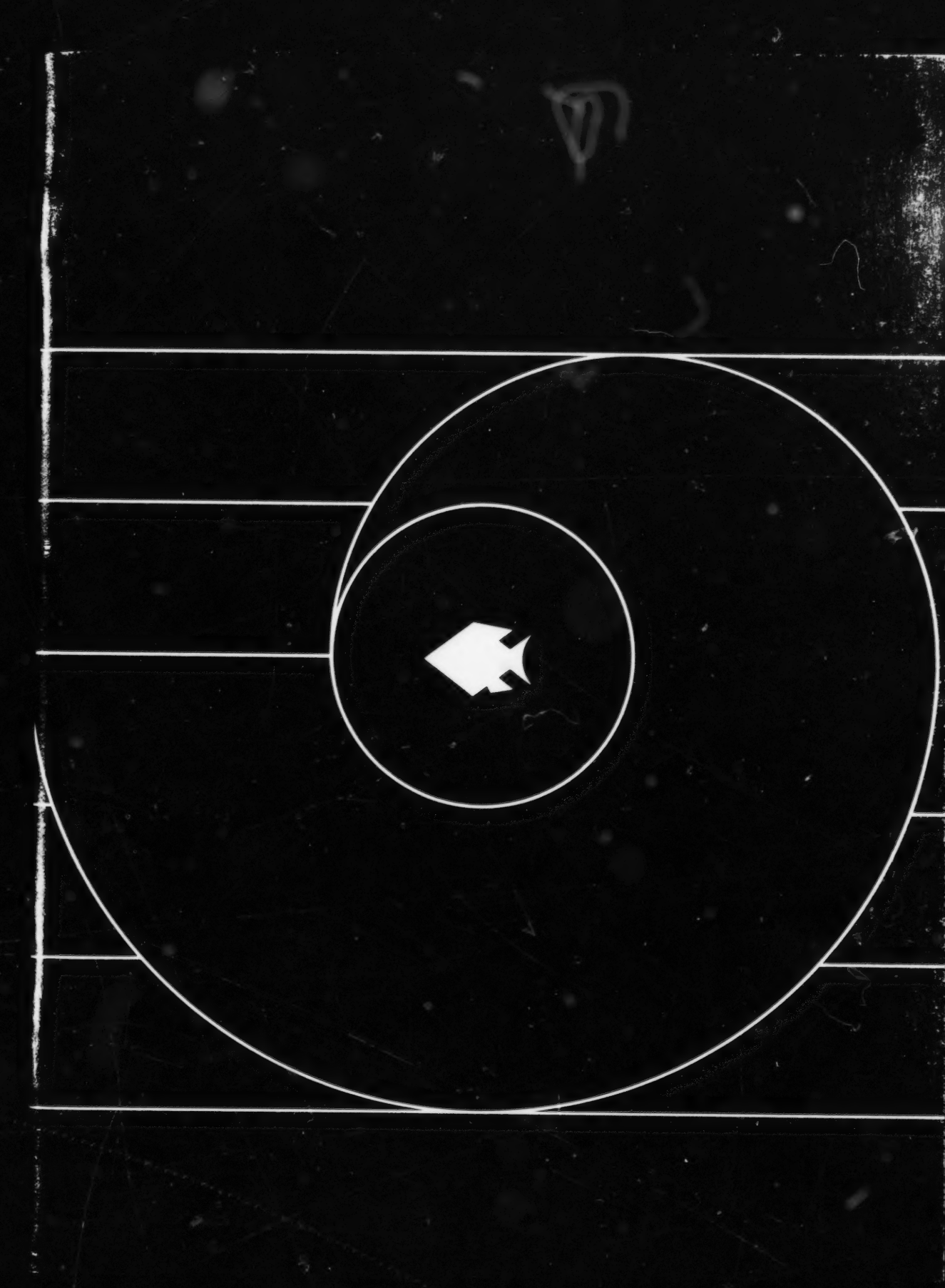
THOMPSON, A. R., AND H. R. EDDY. 1973. Jurisdictional problems in natural resource management in Canada. Sci. Counc. Can. Spec. Stud. 27: 67–96.

THOMPSON, W. F. 1952. Condition of stocks of halibut in the Pacific. J. Cons. Perma. Int. Explor. Mer 18: 141–166.

VALLENTYNE, J. R. [ed.] 1974. Proceedings of "The Way Ahead" Symposium. J. Fish. Res. Board Can. 31: 1269–1322.

VOLTERRA, V. 1928. Variations and fluctuations of the number of individuals in animal species living together. J. Cons. Int. Explor. Mer 3: 3–51.

WELCOMME, R. L. 1974. The fisheries ecology of African floodplains. FAO Rome, FI:FSSZ/74/4: 40 p.



Les séries de Rapports de l'Office des recherches sur les pêcheries du Canada comprennent des comptes rendus d'études et de symposiums et des rapports spéciaux.

Rapport n° 1 — « The Way Ahead » Colloque marquant le 75e anniversaire de l'Office des recherches sur les pêcheries du Canada.

Rapport n° 2 — L'Office des recherches sur les pêcheries du Canada — soixante-quinze années de réalisation. Par W. E. Ricker.

Publié par

Environnement Canada
Service des pêches et des sciences de la mer

Bureau du Rédacteur
116 Lisgar, Ottawa K1A 0H3

Published by

Environment Canada
Fisheries and Marine Service

Office of the Editor

Richelieu Graphics Ltée
Contrat KF708-5-0559
No. de cat. Fs 97-10/3

RAPPORT DE L'ORP

Science pour les pêches canadiennes dans les mers du plateau continental[1,2]

H. A. REGIER
Université de Toronto, Toronto, Ont. M5S 1A1

ET F. D. MCCRACKEN
Ministère de l'Environnement, Office des recherches sur les pêcheries du Canada, Ottawa, Ont. K1A 0H3

Table des matières

2 RÉSUMÉ

3 ABSTRACT

4 A. ESQUISSE DU PROBLÈME
1. En termes très généraux
2. Hypothèse de Grotius
3. Définition des recherches
4. Objectifs de l'étude

6 B. HISTORIQUE DES PÊCHES CANADIENNES DANS LES MERS DU PLATEAU CONTINENTAL
1. Pêches en Atlantique
Avant 1947, 1947–57, 1958–74; cas de la pêcherie de hareng
2. Pêches dans le Pacifique
Saumon, poissons de fond (à l'exception du flétan) flétan, hareng, crevettes
3. Problèmes institutionnels et implications sur la recherche Hareng, poissons de fond, flétan, saumon
4. Après 1974

31 C. PERSPECTIVES DE POLITIQUE: CE QU'EN PENSENT LES PENSEURS
1. Développement d'un processus de planification
2. Perceptions, buts et politiques
3. Perceptions et décisions fondamentales

36 D. CADRE POUR UNE SCIENCE HALIEUTIQUE DE DEMAIN
1. Institutions-clients de la recherche scientifique
2. Un système d'information scientifique équilibré
3. Un contexte transdisciplinaire de prise de décision
4. Implications de la politique de paiement par l'usager
5. Pêche coopérative et expérimentale

42 E. FACE AU DÉFI: ORGANISATION, PROGRAMMES, FACILITÉS
1. Cartographie
2. Contrôle continu
3. Protocole de gestion et de récolte
4. Synthèse et élaboration de modèles
5. Gestion expérimentale rendue plus facile
6. Division du travail
7. Planification, exécution
8. Crédibilité scientifique
9. Navires de recherches

46 REMERCIEMENTS

47 RÉFÉRENCES

[1]Version française de « Perspectives », publiée dans le *Journal de l'Office des recherches sur les pêcheries du Canada*, 1975, 32(10): 1887–1932.

[2]Le présent rapport a été préparé, sous contrat, à la demande de l'Office des recherches sur les pêcheries du Canada qui ne partage pas nécessairement le point de vue de l'auteur.

Résumé

REGIER, H. A. ET F. D. MCCRACKEN. 1975. Science pour les pêches canadiennes dans les mers du plateau continental. FRB Report n°. 3: 1–50.

Lorsqu'on examine les problèmes majeurs des politiques nationales et internationales, on se rend compte qu'il se produit actuellement une vaste transformation culturelle et politique. En particulier, le régime de propriété commune–accès libre–consentement volontaire vis-à-vis du développement et de la gestion des pêches devra être remplacé par un régime alternatif plus pratique. C'est ainsi par exemple qu'un système de contingents nationaux fondé sur les prises totales permissibles par stock et sujet à la contrainte globale de « pleine utilisation » sera vraisemblablement jugé peu pratique. Ces aspects, ainsi que d'autres qui s'y rattachent, sont considérés en relation avec les pêches et se rattachent aux autres problèmes de la ressource et de l'environnement. L'information scientifique et les programmes de recherches doivent évidemment avoir un rapport avec de tels développements.

Le Canada est assez bien pourvu de compétences scientifiques et techniques conventionnelles au domaine des pêches. Cependant, certaines sciences innovatrices importantes et potentiellement utiles ont langui récemment; les infrastructures institutionnelles appropriées et les processus de planification visant à stimuler et à diriger les sciences halieutiques manquent depuis plusieurs années. Les services scientifiques en général sont en désarroi. Compte tenu de ces circonstances, nos recommandations visent à développer des perspectives et des mécanismes qui contribueront à aiguiller le processus scientifique sur des voies nouvelles lorsque la chose sera nécessaire. La principale lacune dans nos connaissances provient de l'incapacité de tant de scientifiques formés aux disciplines classiques à comprendre les méthodes d'attaque d'autres disciplines. Nous suggérons divers moyens de relâcher de telles contraintes.

Une perspective canadienne sur les sciences de demain, plus particulièrement orientées vers les ressources des mers du plateau continental, devrait englober les points suivants: les institutions-clients qui profiteront de l'information et de l'intelligence scientifiques seront vraisemblablement organisées selon trois régions géographiques: eaux nationales littorales, mers du plateau continental et mers profondes lointaines. Les trois composantes de base d'un système d'information scientifique équilibré sont: cartes régionales, séries temporelles de données continues et modèles de mécanisme causals dérivés de l'expérimentation et de la simulation. Le processus de décision est une activité transdisciplinaire, et il faut des cadres appropriés pour identifier les recherches qui lui sont pertinentes. Une politique voulant que ceux qui usent et abusent des ressources et de l'environnement devraient payer pour les bénéfices qu'ils en retirent ou pour les dommages qu'ils causent, exige que les effets, individuellement ou conjointement, des divers us et abus soient mesurés. Les services techniques et la recherche scientifique doivent devenir plus efficaces, plus compétents et plus responsables, mais doivent être également assez flexibles pour accommoder à la fois l'esprit créateur des individus et les changements politiques futurs.

Nos recommandations sont les suivantes: 1) Que les centres d'intérêt soient identifiés, et que des infrastructures appropriées soient mises en place pour l'exécution de programmes transdisciplinaires soigneusement planifiés dans les domaines de la cartographie, du contrôle continu, du protocole de gestion et de récolte et, finalement, de la recherche sur des modèles impliquant synthèse, expérimentation et simulation. 2) Les nouvelles politiques des pêches et les organismes présentement en voie de développement devraient inclure l'aptitude à entreprendre, sur base continue, une gestion expérimentale raffinée. 3) Une certaine subdivision précise du travail parmi le personnel scientifique et technique, est recommandable de façon à avoir trois groupes, experts techniques dont le travail est dicté par les programmes; généralistes en recherches thématiques qui seront des chefs de file dans la planification et la direction des services d'information scientifique et d'exécution des recherches, et dont ils devront rendre compte; et scientifiques créateurs et indépendants chargés d'innover et de réfléchir. 4) La crédibilité scientifique, présentement dans le marasme, doit être rétablie — d'abord en libérant les scientifiques-clefs d'une implication politique directe dans le processus national et international de prise de décision. 5) L'aptitude du Canada à poursuivre des recherches en mer s'est laissée distancer par d'autres pays, et il faudrait que cette capabilité soit rehaussée en conséquence. Ces recommandations pratiques ont toutes rapport aux cinq aspects de la perspective générale esquissée plus haut. Elles ne sont pas énumérées par ordre de priorité, et nous conseillons qu'on donne suite à toutes les cinq dès maintenant.

Abstract

REGIER, H. A., AND F. D. MCCRACKEN. 1975. Science pour les pêches canadiennes dans les mers du plateau continental. FRB Report No. 3: 1–50.

From an analysis of major national and international policy issues we judge that a vast cultural and political transformation is now underway. In particular, the common property–open access–willing consent regime toward fisheries development and management will be replaced by some workable alternative. For example, a system of national quotas based on stock-by-stock total allowable catches, subject to an overall constraint of "full utilization," will likely be found to be impractical. These and related aspects are elaborated for fisheries, and apply also to other resource and environmental issues. Scientific information and research programs must obviously relate to such developments.

Canada is reasonably well-endowed with conventional scientific and technical competence on fisheries matters. Important and potentially useful innovative science has languished recently; appropriate institutional infrastructures and planning processes to stimulate and direct fisheries science within the country have been absent for several years. Scientific services on the whole remain unorganized. Given these circumstances our recommendations are aimed toward development of perspectives and mechanisms that will help set the scientific process in motion into new directions where necessary. The major "gap in knowledge" relates to the inability of so many conventional disciplined scientists to understand other disciplines' approaches and we propose a variety of means by which such constraints may be relaxed.

A Canadian perspective for tomorrow's science, related particularly to shelf-seas fisheries resources, should include the following: The client institutions that will use scientific information and insight will likely be organized in three geographic areas — inshore national waters, shelf and nearshore seas, and the distant deep ocean. The three basic components of a balanced scientific information system are: area maps, temporal series of monitored data, and models of causal mechanisms derived from experimentation and simulation. Decision-making is a transdisciplinary activity and appropriate frameworks are needed for identifying relevant research. A policy that users and abusers of resources and the environment should pay for their respective benefits achieved and disbenefits externalized implies that the separate and joint effects of the various uses and abuses be measured. Technical services and scientific research must be made more effective, efficient, and accountable, but must be flexible to accommodate both individual creativity and further political changes.

We recommend that 1) separate foci be identified and appropriate infrastructures be developed for carefully planned transdisciplinary programs in mapping, monitoring, management–harvest protocols, and modeling research involving synthesis, experimentation, and simulation. 2) New fisheries policies and agency infrastructures now developing should include the capability to undertake sophisticated experimental management on an ongoing basis. 3) Some further explicit division of labor is advisable, within the group of scientific and technical personnel, to produce three sets: technical experts whose work is dictated by programs, mission-oriented generalists to take the lead in planning and directing scientific information services and research activities with special accountability responsibilities, and self-directed creative scientists to innovate and ruminate. 4) Scientific credibility, now slumping, must be recaptured — in part by insulating key scientists from direct political involvement within national and international decision-making. 5) Canada's sea-going research capability is lagging behind that of some other nations and must be enhanced accordingly. These practical recommendations all relate to the five aspects of the broad perspective sketched earlier. The recommendations are not listed in priority sequence and we advise that action should now proceed on all of them.

A. Esquisse du problème

1. En termes très généraux

Au Canada, comme ailleurs dans le monde, les pêches voient se terminer une époque et en commencer une autre. La transition a été et continue d'être un défi pour les années 1970.

Strong (1975) et Brown (1974) sont d'avis que nous sommes en face d'un des grands « déchirements » ou discontinuités de l'histoire humaine. On doit s'attendre à un contraste profond entre les troisième et quatrième quarts du présent siècle. Pendant plusieurs décennies, les pays du monde développés ont attaché une importance primordiale à une croissance économique étroitement définie. Mais à l'avenir, l'accent portera vraisemblablement sur les principes de justice et d'une répartition équitable. Dans le passé, on a compté sur l'expansion des ressources pour assurer l'équilibre entre l'offre et la demande; en face d'une rareté réelle ou artificielle des ressources, on déplacera probablement l'accent vers l'usage plus efficace des ressources disponibles.

Au cours des quelques derniers siècles, les forces en jeu se sont organisées elles-mêmes et les unes vis-à-vis des autres pour leur avantage mutuel et ont produit des courbes exponentielles, et même exponentielles composées, de diverses paramètres socioéconomiques. À l'heure présente, frictions et résistances de diverses sortes s'accumulent rapidement, e.g. rareté des ressources, dégradation du milieu, conservatisme culturel, stress psychologique, nationalisme. Il est possible que les mécanismes responsables de la croissance explosive de la population humaine aient déjà été en partie neutralisés, car le taux de croissance mondiale est maintenant légèrement inférieur à ce qu'il était il y a quelques années. Mais l'élan acquis — avant même d'en arriver à un état d'équilibre ou à une diminution graduelle — sera suffisant, selon toute probabilité, pour doubler ou tripler la population du monde. Cependant, il y a lieu, à long terme, d'être optimiste. Bien plus, les événements les plus traumatiques prédits par certains pour les quelques prochaines décennies peuvent être évités, si l'on pose maintenant des gestes intelligents et compréhensifs.

2. Hypothèse de Grotius

Sauf quelques exceptions, d'ailleurs importantes, les prises totales des pêches ont augmenté de façon continue au cours des années soixante. Elles ont semblé s'accorder en cela avec l'hypothèse du XVII[e] siècle de Grotius, à l'effet que les mers contiennent des quantités illimitées de ressources vivantes récoltables (Finkle 1974a, b). Cette croissance fut atteinte en grande partie d'abord par une expansion des méthodes régionales de récolte, pour ensuite inclure les régions océaniques les plus lointaines. À mesure que les processus de récolte prirent de l'expansion localement, certains stocks de baleines, clupéidés, gadidés, salmonidés, crustacés et mollusques furent éliminés pour être remplacés écologiquement par des formes de moindre valeur. Ces espèces de remplacement, de moindre valeur, n'étaient pas tellement plus abondantes que les stocks de choix à leur pic. Autrement, des pêches industrielles à fort volume destinées à la fabrication de farine auraient pu remplacer avec profit les pêches de moindre volume de poissons comestibles. La récolte totale diminua dans certaines régions où la pêche était devenue très intensive et où les facteurs de l'environnement avaient changé, ou encore les deux à la fois.

Il est maintenant universellement admis que l'hypothèse de Grotius est dépassée. Les négociations intenses qui se poursuivent présentement en vue d'établir un droit de la mer en sont un clair témoignage. L'exubérance et les excès d'une pêche qui entrevoyait d'énormes ressources encore inutilisées sont graduellement remplacés par des gestes délibérés, coordonnés. Les ressources doivent être bien administrées (Davis 1973). Un système de contingents remplace peu à peu une récolte opportuniste et excessive dans certaines régions. Alors que les exigences du marché en protéines de poisson ont été souvent faibles dans le passé, on s'attend que la demande dépassera l'offre pendant quelques décennies à venir. Il est probable que ces conditions instables, prenant la forme d'éruptions et d'affaissements locaux, iront en s'accentuant. On s'attend que la demande mondiale pour les produits comestibles aura doublé vers l'an 2000 (FAO 1974). Il est peu probable que le rendement mondial en poisson de mer puisse doubler — tout au plus peut-il s'accroître de 50% par rapport aux prises actuelles (Needler 1973).

On ne met plus de côté les inquiétudes des conservationistes. Il est vrai que, dans le passé, certains avertissements de ces derniers ont pu être prématurés. De même, ces avertissements ont pu être considérés a tort comme prématurés par une industrie des pêches qui avait la faculté de passer d'un stock surexploité à un stock sous-exploité à quelque distance, tout en continuant d'exercer une pression sur la ressource surexploitée (Larkin et Wilimovsky 1973; Laurie et Rahrer 1972). Une exploitation peu dispendieuse ou une exploitation au hasard deviennent rapidement de moins en moins possibles. Quand toutes les ressources auront dépassé la phase d'expansion initiale rapide, toute augmentation de valeur des prises per se — inflation et changements de préférence du consommateur — résultera de l'amélioration des divers aspects de la gestion et de la récolte au sens large du mot. Ces améliorations reposeront sur des initiatives écologiques, technologiques, économiques et sociales.

Le laissez-faire dans le domaine des pêches est maintenant chose du passé. Ce qu'on considérait jadis comme hors de question ou politiquement inacceptable est maintenant envisagé directement, e.g. partage clairement défini d'une ressource possédée en commun. Certaines hypothèses fondamentales ont perdu de leur popularité, comme par exemple le concept de Grotius sur la liberté de pêcher n'importe où. Il en résulte des complications à court terme, car il nous faut réorganiser en grande partie notre façon de penser. Mais on peut s'attendre à voir disparaître cette complexité une fois bien établi une politique ou un paradigme nouveau (Chant et Regier 1972).

Comme on peut s'y attendre, la transformation en cours, une fois terminée, aura coupé court bien des concepts, des institutions et des méthodes de prise de décisions traditionnels, et ce, à tous les niveaux. Les dispositions et les procédures institutionnelles nouvelles évoluent rapidement (MacKenzie 1974; Vallentyne 1974; Chevalier et Burns 1975; Fox 1975), et il faudra se débarasser d'une certaine quantité de débris.

3. Définition des recherches

Tout comme les autres aspects des pêches, la structure et la fonction de la « recherche scientifique » sont en train de se transformer au Canada (Hayes 1973; Beaulnes 1974).

Au niveau fédéral, les scientifiques canadiens en pêches et en ressources relèvent maintenant des cadres d'exécution plutôt que d'un office de recherches indépendant. Une politique d'impartition a permis a l'entreprise privée d'entrer dans le champ de la recherche sous contrat. Le genre de recherches halieutiques présentement financées dans les universités canadiennes diffère passablement de celles qu'on y effectuait au cours des dernières décennies.

Les cadres institutionnels de la recherche future sont déjà discernables dans la série de décisions fondamentales prises récemment au Canada et ailleurs sur des sujets se rapportant plus ou moins directement à la recherche scientifique dans le domaine des pêches (voir Section C).

Nous tournant maintenant vers des problèmes de sémantique, nous jugeons utile la classification fonctionnelle des activités scientifiques et techniques proposée par l'Organisation de coopération et de développement économique (1970), et déjà mise en application par le Service des pêches et des sciences de la mer du Canada. Cinq des classes définies par l'OCDE touchent plus ou moins étroitement les scientifiques: *recherche et développement expérimental* ou *construction de modèles et expérimentation; prospections* ou *cartographie; surveillance* ou *contrôle continu; ingénierie scientifique et services techniques; transfert de la technologie*. Pour les trois premiers groupes, nous emploierons les termes plus courts *modèles*, *cartographie* et *contrôle continu*, respectivement; ils ont un accent nord-américain qui contraste avec les expressions plus européennes « recherche », *prospections* et *surveillance*.

Considérons maintenant la dynamique des sciences se rapportant aux ressources renouvelables depuis la découverte ou la création jusqu'à l'application des concepts. L'élaboration de modèles démontrant des relations et des causes-effets est le centre distinctif de la science. Les hypothèses élaborées et éprouvées émergent généralement après études plus ou moins formelles de cartes et de séries continues de données et de facteurs choisis (variables). Au début, même la cartographie élémentaire, le contrôle continu et l'élaboration de modèles présupposent un esprit scientifique créateur. Les responsabilités limitées des scientifiques se terminent avec l'épreuve des théories et des modèles.

On donne le nom de *transfert de la technologie* au processus qui consiste à démontrer la pertinence des théories et variables spécifiques relatives à la cartographie et au contrôle continu, celle de la vérification des coûts-efficacité de l'échantillonnage et de la méthodologie analytique, et enfin celle du développement de lignes directrices pour les programmes qu'auront à exécuter des techniciens qui dépendent directement des cadres de gestion, etc. Il demeure que des connaissances, même partielles, sont utiles à la gérance qui se tourne ensuite vers les scientifiques et leur demande d'être accessibles au personnel des services techniques et de génie.

Ouvrons ici une parenthèse: le terme *transfert de technologie* peut parfois être pris au sens de transfert, d'un pays à l'autre, d'une technologie développée. Comme nous l'avons mentionné plus haut, le sens que nous lui donnons diffère de l'importation ou de l'exportation d'une technologie existante. Cependant, l'application d'une technologie étrangère à une situation nouvelle exige une compréhension scientifique de cette dernière et peut ainsi impliquer un *transfert de technologie* aussi bien qu'une *importation de technologie*.

Portant de nouveau notre attention sur les concepts fondamentaux de la science des ressources renouvelables, telle que définie plus haut, trois processus élémentaires — cartographie, contrôle continu et élaboration de modèles — se développent continuellement d'une façon dynamique. En ce qui concerne une théorie ou un modèle en particulier, le processus de clarification, de structuration, de mise à l'épreuve et d'expérimentation conduit graduellement à la découverte de produits qui peuvent avoir une application pratique. C'est alors que le scientifique créateur explore des voies nouvelles et que les responsables de la gestion entrent en jeu et assument la responsabilité de tout développement mis à point. Il n'y a pas de ligne de

démarcation claire entre le rôle du scientifique et celui du gérant, mais il y a évidemment une certaine division du travail dans tout système qui se vante de posséder plus d'une poignée de travailleurs compétents, tant scientifiques que techniques. Ces points font l'objet d'une analyse plus détaillée ailleurs (Regier et al. 1974).

Le contexte esquissé plus haut est *transdisciplinaire*, en ceci qu'il est commun à tous les aspects de toutes les disciplines se rattachant à la science des ressources renouvelables. Le météorologue, l'océanographe, le géographe, l'écologiste, l'économiste, le sociologue, le spécialiste des sciences politiques, etc., se rendent tous compte que l'occurrence dans l'espace, la suite dans le temps et les relations de cause à effet entre les événements sont essentielles pour bien comprendre ces événements. En général, la cartographie, le contrôle continu et l'élaboration de modèles doivent marcher de pair, quelle que soit la discipline.

Plusieurs des disciplines et sous-disciplines créées au cours du siècle dernier permettent de comprendre les systèmes de l'environnement et des ressources renouvelables, en particulier les pêches. Le conseil ordinairement donné est que les équipes interdisciplinaires ou multidisciplinaires doivent se mettre ensemble pour attaquer les problèmes d'une façon appropriée. Une telle méthode d'attaque a occasionnellement réussi dans le passé lorsqu'il s'agissait de problèmes relativement simples pour la solution desquels on pouvait faire appel à deux ou trois disciplines. Pour des problèmes de plus grande envergure, le processus interdisciplinaire conventionnel est laborieux, lourd et plutôt inefficace. On doit donc considérer sérieusement une autre approche: l'établissement d'une nouvelle discipline des sciences du milieu et des ressources. Ceci devrait être le prolongement de vues déjà partagées — souvent sans le savoir — par diverses disciplines conventionnelles. Nous reviendrons plus en détail sur cette possibilité à la Section D.

4. Objectifs de l'étude

La présente étude ne couvre qu'un aspect limité d'une vaste transformation esquissée à la Section A.1: ce qu'on va faire maintenant pour que la « recherche scientifique » se rapportant aux *ressources halieutiques* naturelles du plateau continental canadien et à l'*industrie primaire* qui en dépend soit pertinente aux problèmes qui se poseront dans 10 ans.

C'est intentionnellement que le contexte esquissé dans ce travail est général. Nous l'avons fait dans l'espoir qu'il pourra également être utile à d'autres études sur des aspects connexes des ressources halieutiques et de l'industrie primaire, comme par exemple sur les pêches côtières, le rehaussement des ressources, les pêches en eau douce et la pêche sportive, les pêches artisanales dans des régions éloignées et l'aquiculture.

Nous avons abordé notre tâche en nous inspirant des concepts scientifiques esquissés plus haut. De plus, nous avons identifié une série de *perceptions fondamentales* et de *décisions politiques* (détaillées à la Section C) impliquant des demandes spécifiques sur la recherche scientifique. Nous avons tâché de maintenir dans les limites de notre perspective générale les problèmes très réels auxquels les chercheurs ont à faire face, de même que les conséquences possibles, importantes et à long terme, des décisions déjà prises. Nous répétons ici des concepts qui se situent entre 1) concepts trop vastes pour être étudiés efficacement par les « scientifiques des pêches » — même par ceux qui sont compétents et qui jouissent de libertés transdisciplinaires — et 2) concepts ou problèmes trop limités pour justifier une analyse approfondie ici. Où s'arrêter dans un tel processus itératif dépend d'opinions personnelles.

La Section Remerciements donne une idée de la logistique de notre méthode d'approche.

B. Historique des pêches canadiennes dans les mers du plateau continental

1. Pêches en Atlantique

On peut diviser en trois périodes l'histoire des pêches sur le plateau continental de l'Atlantique: avant 1947, 1947–57, et 1958–74. Nous donnons un court résumé des principaux événements qui ont caractérisé ces périodes. Nous nous risquons ensuite à présenter un scénario pour la période d'après 1974.

Jusqu'à 1947, les pêches de l'Atlantique Nord-Ouest demeurèrent stables dans pratiquement toutes leurs phases. Les changements qui étaient considérés à l'époque comme substantiels ne se comparent en rien avec ceux qui se sont produits depuis, particulièrement depuis 1958.

(a) *Avant 1947* — (*i*) *Pays pratiquant la pêche* — Les pays latins, soit la France, l'Espagne et le Portugal ont pratiqué la pêche dans cette région pendant plusieurs siècles. La Grande-Bretagne (Terre-Neuve), le Canada et les États-Unis établirent graduellement des pêcheries dans ces eaux.

(*ii*) *Lieux de pêche*

Les pêcheurs de l'Europe méridionale concentrèrent leurs efforts sur les Grands bancs. Les pêches côtières de Terre-Neuve se poursuivirent tout autour de l'île et au large du Labrador. Les pêches hauturières terre-neuviennes se pratiquèrent en grande partie sur les Grands bancs. Les Canadiens,

à l'exclusion des Terre-neuviens, qui n'étaient pas encore entrés dans la Confédération, exploitaient les eaux côtières de toutes les Provinces maritimes et du Québec, les bancs du large de la Nouvelle-Écosse et les Grands bancs. À des époques plus reculées, les Américains pêchèrent dans les eaux côtières du Canada, mais abandonnèrent graduellement cette pêche; les États-Unis exploitèrent également les bancs du large, tout comme le Canada et les autres pays, en plus des eaux côtières au large de leurs propres côtes (e.g. le golfe du Maine).

(*iii*) *Espèces pêchées*

Pour tous ces pays, la morue a été l'espèce la plus importante. Les débarquements par les pays européens étaient presque exclusivement constitués de morue. À Terre-Neuve, l'importance de la morue se reflétait dans le dicton que la morue est monnaie courante (Black et Maxwell 1972). Cependant, les pêcheurs canadiens et américains exploitaient également d'autres espèces démersales tels l'aiglefin, la goberge, le merlu, en même temps que des espèces pélagiques tels le hareng (adultes et « sardines ») et le maquereau. La pêche d'espèces « nouvelles » eut tendance à se développer d'abord aux États-Unis et ensuite au Canada. C'est ainsi par exemple que les États-Unis pêchaient le sébaste dans le golfe du Maine vers le milieu des années 1930 et étendirent leur pêcherie de sébaste aux eaux canadiennes vers 1940. Jusqu'au début des années 1950, le Canada ne débarqua pratiquement pas de sébaste.

(*iv*) *Méthodes de pêche*

Les pêches côtières utilisaient une variété d'engins pour la pêche des espèces démersales. Dans les Provinces canadiennes, la ligne et l'hameçon prédominaient. À Terre-Neuve, la morue était prise près des côtes, surtout dans des filets-trappes. Pour ce qui est des espèces pélagiques, on a utilisé des parcs, surtout dans la baie de Fundy, pour capturer des sardines, mais on s'est servi de filets maillants pour capturer les adultes.

Les pêches hauturières canadiennes et européennes étaient pratiquées surtout à la ligne et à l'hameçon depuis des navires à doris. Par ailleurs, la pêche de fond par des chalutiers à vapeur fut adoptée plus rapidement par les États-Unis que par le Canada: Vers le milieu des années 1930, le chalut était le principal engin utilisé par les Américains au large des côtes canadiennes. Au Canada, le chalutier à vapeur fit son apparition vers 1918, leur nombre passant de 2 à 17, atteignant un sommet en 1930 et diminuant à environ 3 vers les années 1940. Les chalutiers, cependant, étaient limités dans leurs opérations par les objections des autres pêcheurs, qui craignaient une perturbation de leurs marchés, et qui prétendaient que les chalutiers à vapeur détruisaient les fonds de pêche et capturaient des poissons beaucoup trop petits. Les chalutiers à vapeur étaient responsables de la plus grande partie des prises d'espèces démersales, autres que la morue, débarquées à l'époque.

(*v*) *Débarquements totaux*

Bien que les statistiques de débarquements ne soient pas précises pour cette période reculée, il semble que les débarquements totaux provenant de la côte canadienne étaient d'environ 500–600 mille tonnes (tableau 1). Environ les trois quarts de ce total étaient constitués de morue, la balance comprenant surtout de l'aiglefin et de la goberge. Pour ce qui est des espèces pélagiques, les débarquements de hareng se situaient ordinairement entre 50 et 100 mille tonnes.

(*vi*) *Règlements*

Au cours de cette période, les pêches hauturières ne furent soumises à pratiquement aucune réglementation, à l'exception des chalutiers à vapeur canadiens qui étaient astreints à une politique et un système de licence. La pêche côtière des espèces démersales et pélagiques n'était pas non plus réglementée, sauf qu'on avait mis en vigueur à Terre-Neuve une grandeur de maille minimale pour les trappes à morue. Cependant, ce réglement ne semble pas avoir eu une priorité très haute auprès des officiers de protection.

(*vii*) *Recherches*

L'idée que les stocks de poissons de mer sont inépuisables était communément répandue. Il y eut toutefois des exceptions. C'est ainsi par exemple que l'augmentation considérable des prises d'aiglefin et du gaspillage en mer d'aiglefins immatures sur le banc Georges ne furent pas sans causer de l'inquiétude (Herrington 1936, 1941). Des recherches sur une variété d'espèces commerciales et non commerciales aboutirent à des méthodes de détermination de l'âge, à la connaissance des cycles vitaux (y compris la reproduction, la croissance, la répartition, les âges, etc.) et à des méthodes permettant de séparer les stocks. En général, la recherche visait les espèces et les régions d'importance commerciale réelle ou potentielle. Pratiquement tout le travail était effectué par des scientifiques nord-américains, et les résultats étaient analysés par le *North American Council on Fishery Investigations*. Ce Conseil avait pour mission de coordonner les recherches des divers pays et le cas échéant de proposer des mesures de protection pour les stocks qui en auraient besoin.

TABLEAU 1. Débarquement des prises dans les eaux canadiennes par tous les pays, en tonnes métriques, poids rond frais.

Année	Morue	Aiglefin	Sébaste	Plies	Flétan	Merlu argenté	Hareng	Goberge	Maquereau	Capelan	Total[a]
								Variable, entre 10–20 mille tonnes	Variable, ordinairement moins de 10 mille tonnes	Négligeable, utilisé comme boëtte ou engrais	
1883	441,000	2,000	0	0	?	0	?				525,000
1903	429,000	7,000	0	0	2,400	0	?				653,000
1923	528,000	26,000	0	300	3,500	0	64,000				600,000
1933	475,000	48,000	0	1,000	2,900	0	65,000				650,000
1943	407,000	29,000	4,000	2,300	960	0	130,000				1,072,000
1953	488,600	81,000	66,000	38,400	2,800	0	90,000				1,589 000
1963	900,000	65,000	81,000	64,400	3,400?	123,000	118,000	33,000	6,000	6,000	1,894,000
1965	1,056,000	94,000	202,000	120,000	4,600?	50,000	189,000	29,000	11,000	4,100	2,596,000
1968	1,433,000	51,000	158,000	231,000		3,000	516,000	19,000	20,000	4,000	2,292,000
1973	709,000	19,000	252,000	214,000	1,800	298,600	139,000	30,000	38,000	269,000	

[a]Ce total inclut les espèces mineures non spécifiées au tableau.

En plus de poursuivre des recherches biologiques spécifiques, on a intensifié les efforts en vue d'obtenir des données de base pour la gestion: statistiques de prises, y compris quantités, tailles, lieux et effort de pêche.

(*b*) *1947–57* — L'expansion des pêches dans l'Atlantique Nord-Ouest se fit en général d'une façon ordonnée, tant en ce qui concerne l'évolution des méthodes que les espèces pêchées. Terre-Neuve devint une province canadienne pendant cette période.

(*i*) *Pays pratiquant la pêche*

En général, ce furent à peu près les mêmes pays que durant la période précédente. La Norvège et la Grande-Bretagne pratiquèrent des pêcheries de peu d'importance au large de Terre-Neuve. Le Canada et les États-Unis continuèrent de pêcher sur les bancs; l'effort canadien prit de l'expension alors que celui des États-Unis déclina quelque peu.

(*ii*) *Lieux de pêche*

Les lieux de pêche exploités par différents pays ne changèrent pas beaucoup durant cette période. Les navires européens étendirent leurs opérations quelque peu vers le golfe Saint-Laurent et les bancs du large de la Nouvelle-Écosse orientale. Les navires hauturiers des Maritimes et de Terre-Neuve pêchèrent davantage dans le golfe Saint-Laurent, et pendant de plus longues périodes sur les Grands bancs et sur les bancs de la Nouvelle-Écosse. En général les pêcheurs canadiens ne s'aventurèrent pas vers l'ouest sur le banc Georges. Les navires des États-Unis, sauf ceux pêchant le sébaste, concentrèrent leurs efforts plutôt sur les bancs de l'ouest de la Nouvelle-Écosse.

(*iii*) *Espèces pêchées*

Les navires européens continuèrent de débarquer la morue et de rejeter à la mer toutes les autres espèces capturées, à l'exception de la flottille espagnole qui exploita intensivement l'aiglefin au milieu des années 1950, alors que cette espèce était abondante sur le banc Saint-Pierre et sur le Grand banc. Les navires des États-Unis firent une pêche intensive du sébaste et une pêche saisonnière de l'aiglefin.

Par ailleurs, il y eut de grands changements dans les espèces débarquées par les pêcheurs canadiens. À mesure que les marchés se développèrent, les bateaux hauturiers débarquèrent des espèces comme le sébaste et divers poissons plats qu'ils n'exploitaient pas auparavant. Bien que la morue fusse demeurée l'espèce la plus importante, l'aiglefin prit une place de plus en plus importante dans les débarquement canadiens.

(*iv*) *Méthodes de pêche*

Après 1945, le Canada encouragea le chalutage des poissons démersaux, tant près des côtes qu'au large, avec le résultat que la pêche à la ligne et à l'hameçon par les navires à doris disparut presque complètement. La morue continua d'être capturée par les trappes traditionnelles au large de Terre-Neuve. Les méthodes de pêche d'espèces pélagiques en vinrent à inclure celle du hareng à la senne coulissante, à un degré limité toutefois.

Les Européens, en particulier les pays latins, développèrent le chalutage de fond et la pêche au chalut-boeuf des poissons démersaux. Les Américains pêchant dans ces eaux utilisèrent presque exclusivement des chaluts à plateaux.

Les consommateurs nord-américains acceptèrent graduellement des poissons nouveaux dans leur régime. Le chalut à plateau pouvait capturer une variété d'espèces. Ces deux facteurs contribuèrent à élargir le secteur primaire de l'économie des pêches. Les chalutiers européens prenaient également plusieurs espèces, mais toutes, sauf la morue, étaient rejetées à la mer. Il y eut également exception pour l'aiglefin, que les Espagnols conservaient.

(*v*) *Débarquements totaux*

Les débarquements en provenance de la région canadienne augmentèrent régulièrement durant cette période d'environ 700,000 tonnes à environ 1,200,000 tonnes (tableau 1). La morue constituait encore environ 70% des débarquements totaux; par ailleurs, les débarquements canadiens de sébaste, d'aiglefin, de goberge et de poissons plats accusèrent tous une augmentation durant cette période. Les débarquements de poissons pélagiques demeurèrent relativement stables, bien qu'il y eut fluctuations annuelles liées aux conditions du marché.

(*vi*) *Règlements*

La Commission des pêches du Nord-Ouest de l'Atlantique (ICNAF) fut formée en 1949 et entra en vigueur en 1950 sous la forme d'une convention relative à des mesures de conservation. Comme l'a signalé Möcklinghoff (1973), l'ICNAF a été formée non pas tant à cause d'une surexploitation des stocks en Atlantique Nord-Ouest qu'à cause de la reconnaissance de la surexploitation dans d'autres régions. Le problème sur lequel les pays membres de l'ICNAF portèrent tout d'abord leur attention fut celui de la capture et du rejet à la mer des jeunes, à croissance rapide, d'espèces démersales. On se rendit compte du gaspillage; de plus, les pays latins voyaient dans cette pratique un danger pour les grands poissons dont ils avaient besoin pour le salage. Comme résultat, on introduisit une grandeur de maille minimale comme mesure de conservation des poissons de fond au large des côtes.

(*vii*) *Recherches*

Durant cette période, les recherches sur les stocks de poissons de la côte atlantique eurent tendance à progresser de front avec le développement des pêches. Avec la formation de l'ICNAF, on s'est attaché plus particulièrement aux stocks de poissons démersaux du large. Des efforts importants ont été faits en vue d'améliorer les « outils du métier », tant pour les responsables de la gestion que pour les chercheurs, i.e. statistiques de débarquement, prises, tailles, prises par unité d'effort, marchés pour les produits, etc. Le premier Bulletin statistique de l'ICNAF fut réalisé. On a consacré beaucoup d'efforts en vue de déterminer la répartition des diverses espèces de poissons de fond, tant exploitées qu'inexploitées. On a élaboré des modèles de production: Ricker (1948, 1958), Beverton et Holt (1957), Schaefer (1954, 1957) développèrent le travail de pionnier de Baranov (1918). Par démonstrations et comparaisons avec des régions comme la mer du Nord, l'industrie et les administrateurs furent bombardés de conseils recommandant que les petits poissons soient protégés par l'emploi de mailles plus grandes qui leur permettraient de s'échapper. Les recherches sur les poissons pélagiques, sans être entièrement mises de côté, reçurent moins d'attention.

La plus grande partie des recherches effectuées avait pour objet l'exploration ou la réglementation, mais une certaine portion peut être qualifiée de « fondamentale ». Elles marquèrent un début dans l'acquisition d'une capacité de gestion par espèce et par stock.

(*c*) *1958–74* — Les innovations et l'évolution se produisent maintenant à un rythme plus rapide. On peut subdiviser cette période en deux: jusqu'à 1968, expansion sans contrôle, telle que décrite par Larkin et Wilimovsky (1973); à partir de 1969, retranchement et contrôle. Cependant, ces deux phases sont étroitement liées entre elles, de sorte qu'il semble préférable de les traiter ensemble.

(*i*) *Pays pratiquant la pêche*

L'événement le plus significatif fut l'entrée et l'expansion de la flottille de l'URSS dans la pêcherie de l'Atlantique Nord-Ouest. Suivirent d'autres pays d'Europe orientale (Pologne, Roumanie, République démocratique Allemande, Bulgarie) et plus tard des pays d'Europe occidentale (République fédérale d'Allemagne, Grande-Bretagne, Norvège). Plus récemment, le Japon s'est joint à la parade de quelques 17 pays pratiquant la pêche au large des côtes canadiennes.

L'entrée de la flottille soviétique dans l'Atlantique Nord-Ouest donna une nouvelle dimension aux pêches. Auparavant, les pays avaient recherché des espèces particulières et dirigé leurs efforts en relation directe avec les marchés traditionnels. L'URSS adopta une méthode d'approche au marketing plutôt différente, et dirigea sa flotte vers tout stock offrant un potentiel. Ce mode d'opération a donné naissance à ce qu'on appelle « pêche pulsatoire » (*pulse fishing*), avec de grandes flottilles exploitant de façon intensive une ressource particulière jusqu'à ce que les stocks soient réduits à de très bas niveaux.

Les pêches canadiennes prirent de l'expansion en même temps. L'entrée des flottilles européennes mentionées plus haut ajoutèrent considérablement aux pressions exercées sur les stocks de poissons de la région. La pêche par les États-Unis continua de décliner, sauf celle des navires pêchant le sébaste.

(*ii*) *Lieux de pêches*

Les régions traditionnelles furent pêchées plus intensivement. Il se produisit plusieurs changements qui affectèrent le cours des pêches elles-même et celui de la gestion et de la recherche. Ce furent: le développement d'une pêche d'hiver de morue sur les bancs du large de la côte orientale de Terre-Neuve et du Labrador; le développement d'une pêcherie de hareng (et de maquereau) dans les eaux du large, qui concurrença la pêche côtière à l'aide d'engins fixes; le développement de pêcheries spécialisées de poissons plats, en particulier sur les Grands bancs; changements saisonniers des lieux de pêche par suite de l'exploitation d'espèces nouvelles; pêcheries de fond en eau profonde sur le talus continental; et pêcheries pélagiques importantes dans les eaux bien au-dessus du fond.

(*iii*) *Espèces pêchées*

On signale d'importantes additions à la gamme des espèces capturées par les pays d'Europe orientale, quoique les pêcheurs canadiens aient également élargi leur éventail d'espèces traditionnelles. C'est ainsi par exemple que les pêcheurs canadiens exploitèrent de façon intensive le hareng, le sébaste, les poissons plats et la goberge. Les pays européens et particulièrement l'URSS exploitèrent de façon continue des espèces telles que merlu, argentines, grenadiers, en plus des espèces démersales et pélagiques traditionnelles (tableau 1).

La phase se terminant en 1968 en fut une d'expansion qui affecta pratiquement toutes les espèces de toutes les régions et vulnérables à toutes les saisons.

(*iv*) *Méthodes*

Les principales nouveautés dans ce domaine furent: le chalutier-usine (traitement du poisson à bord); le chalutage par l'arrière; le chalutage entre

deux eaux; la pêche à la seine coulissante avec poulie mécanique; le sonar et de nouvelles techniques de sondage à écho; les tactiques de pêche en coopération par des pays qui ont un contrôle central de la planification et de la gestion de leurs flottilles.

Tous ces développements ont été des facteurs primordiaux durant cette période d'innovations et d'expansion rapide. Chacun de ces facteurs contribua à donner de l'envergure aux pêches. Les chalutiers-usines permirent de traiter sur place des espèces telles que le merlu et les petites espèces pélagiques (hareng et maquereau) en mer. Le chalutage par l'arrière donna naissance au chalutage entre deux eaux et on mit au point de nouvelles techniques de sondage à écho permettant de contrôler la profondeur du chalut. Le sonar et le sondeur à écho détectèrent le poisson sur le fond et au-dessus du fond; cette caractéristique, couplée au développement de la poulie mécanique, fit de la senne coulissante un engin de pêche très efficace.

Il n'y a pas de doute que ces progrès technologiques furent appliqués aux pêches dans un espace de temps très court.

(v) Débarquements

Les débarquements totaux augmentèrent rapidement jusqu'à 1968, soit d'environ 1.2 million en 1958 à environ 2.5 millions de tonnes en 1968 (tableau 1). Cette augmentation notable a été le résultat d'un effort et d'une efficacité de pêche considérablement accrus (voir ci-dessus), du développement d'une importante pêche d'hiver de morue à même un stock accumulé au large de la côte orientale de Terre-Neuve, de l'augmentation soudaine de l'effort de pêche sur un stock de harengs accumulé dans la région canadienne, d'un bon recrutement chez plusieurs stocks traditionnels, et de la pêche d'espèces auparavant inexploitées. Cette expansion se produisit en l'absence de tout contrôle.

Depuis 1968, les débarquements totaux ont diminué légèrement, pour atteindre environ 2.2 millions de tonnes en 1973. Le déclin, pour quelques stocks individuels, a été marqué: la morue diminua de 50%, le hareng de 73%, l'aiglefin de 80% des quantités de pointe, et ainsi de suite, pour presque toutes les espèces « traditionnelles ». Le poisson rouge, présentement exploité au chalut flottant, augmenta d'environ 60%. Les débarquements totaux furent maintenus à un niveau élevé grâce à une pêche intensive de merlu et à une pêcherie nouvelle, celle du capelan; ces deux espèces contribuèrent à elles seules environ 25% des débarquements de 1973.

Donc, cette pêcherie, qui se développa si rapidement en 1958–68, déclina quelque peu durant les 5 années qui suivirent et se maintint grâce à l'exploitation d'espèces nouvelles.

(vi) Règlements

L'établissement de règlements concernant la gestion dans la région de l'ICNAF a été décrite en détail et selon divers points de vue par Möcklinghoff (1973), Edelman et Dokuchaev (1973), Bogdanov et Konstantinov (1973) et Hennemuth (1973). En général, leurs comptes rendus suggèrent que relativement tôt durant cette période on reconnut qu'avec l'expansion rapide des pêches, les changements techniques et le développement de pêcheries « mixtes », une grandeur de maille minimale était par elle-même insuffisante à réglementer la pêcherie. De fait, vu que la plus grande partie des opérations de pêche était dirigée vers de petits poissons jadis « inexploités » (merlu, merluche-écureuil, hareng, etc.), la grandeur de maille minimale ne pouvait être que partiellement efficace.

Les scientifiques s'inquiétèrent de l'augmentation rapide de la pression exercée sur les stocks, et ceci bien avant les administrateurs, comme ce fut le cas pour les pêcheries d'aiglefin et de hareng. L'action de la gérance a été limitée par les objectifs différents poursuivis par les divers pays et par la convention de l'ICNAF qui, bien qu'ayant le pouvoir de fixer des prises globales, n'avait pas prévu d'allocations par pays. Sans ce pouvoir d'établir des contingents nationaux, il était impossible d'en arriver à une réglementation efficace. L'aiglefin fut un cas spécial, parce que le stock avait été réduit au point de n'intéresser que le Canada et les États-Unis.

À la suite de changements dans le protocole de l'ICNAF (1969) pour permettre aux pays membres de négocier l'allocation de contingents, des contrôles furent introduits très rapidement. On a mis à la disposition des négociateurs de l'ICNAF des estimés de prises totales admissibles (PTA), déterminés par les scientifiques pour chaque stock individuel. Comme exemple du développement rapide de cette méthode d'approche, en 1968, il n'y avait aucun stock soumis à des contrôles de PTA; par contre, en 1974 on avait établi des contingents pour 56 stocks dans la région de l'ICNAF (tableau 2). La plupart des stocks dans la région canadienne sont maintenant soumis à des contrôles de PTA (à l'exception d'espèces telles que l'aiguillat, les raies de mer, le lançon), même ceux qui habitent les profondeurs (fig. 1). Les PTA ont été établies à diverses fins, comme dans le cas de la réhabilitation des stocks d'aiglefins et autres, pour prévenir des captures supérieures au maintien d'un rendement maximal soutenu, prévenir une pêche pulsatoire excessive et prendre des mesures de précaution dans le cas de pêcheries en voie de développement, celle du capelan par exemple.

Les PTA à même les stocks individuels doivent inclure les prises d'espèces « fortuites ». On tente présentement de résoudre le problème par des

TABLEAU 2. Évolution du contrôle des pêches dans les sous-zones 2–6 de l'ICNAF par PTA et contingents de stocks — par année.

Année	Encornet	Maquereau	Capelan	Grenadier de roche	Argentine	Goberge	Flétan du Groenland	Plies	Merluche-écureuil	Plie canadienne	Sébaste	Merlu argenté	Morue	Hareng	Limade à queue jaune	Aiglefin	PTA totales
1969	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1970	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	2
1971	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	2	4
1972	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	2	3	8
1973	1	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	3	7	6	3	3	27
1974	1	2	2	1	2	2	1	5	2	4	6	4	9	7	3	3	55
1975	1	2	2	1	2	2	1	5	2	4	7	4	10	7	3	3	56

méthodes indirectes, de même que par limitation de l'effort total, dans la région du banc Georges, où on a fixé des PTA de toutes les espèces combinées à un niveau inférieur à celui de la somme de ses composantes.

En plus du contrôle par PTA et par contingents, les pays de l'ICNAF ont pris l'initiative d'introduire un système d'inspection mutuelle des prises et des engins de pêche en mer. Le système est loin d'être parfait, mais est un début pour s'assurer que les règlements sont observés.

Pour récapituler, la situation présente dans la zone de l'ICNAF est la suivante: débarquements totaux maintenus à un niveau uniforme par addition d'espèces nouvelles telles que le capelan, le merlu, les grenadiers; exploitation plus grande d'espèces traditionnelles telles que le sébaste, les poissons plats, le maquereau, le hareng; pêche plus intense sur le stock principal de morues du large de la côte orientale de Terre-Neuve; et efforts en vue de contrôler la pêche par le biais des PTA de stocks individuels.

Les pêches de la côte atlantique sont donc plus ou moins passées par toutes les phases décrites par Larkin et Wilimovsky (1973). L'établissement de PTA et l'allocation de contingents nationaux n'ont réussi qu'à faire dévier légèrement le système entier de la direction qu'il avait suivie au hasard jusqu'à maintenant.

(vii) Mise sur carte des résultats des recherches

À commencer en 1959, les biologistes canadiens de la côte atlantique eurent à leur disposition leur premier grand navire de recherches en haute mer, le V.R. *A. T. Cameron*, capable de travailler dans toutes les régions, sauf durant la saison d'hiver au

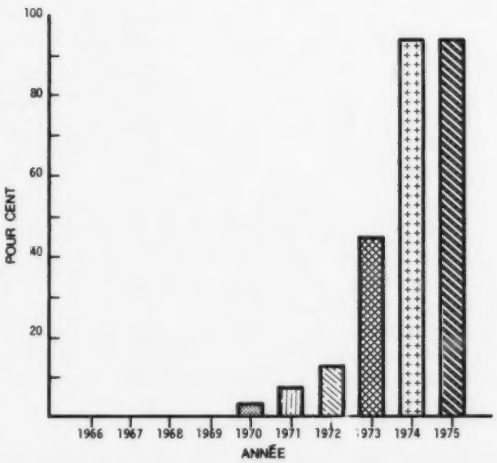


FIG. 1. Pourcentage des stocks « probables » de poissons à nageoires (sous-zones de l'ICNAF 2–6) soumis à des contingents annuels.

large du Labrador. On y a ajouté un deuxième navire de recherches neuf, le V.R. *E. E. Prince*, d'une capacité plus limitée. L'acquisition de ces deux navires permit de porter sur cartes de façon plus directe la répartition des espèces traditionnelles de poissons de fond, en particulier celle des petits poissons. Cependant, ces deux navires ont dû être déployés dans toute la région qui s'étend de la baie de Fundy, aux Grands bancs, au golfe Saint-Laurent, et, dans le cas du saumon, même jusqu'au Groenland occidental.

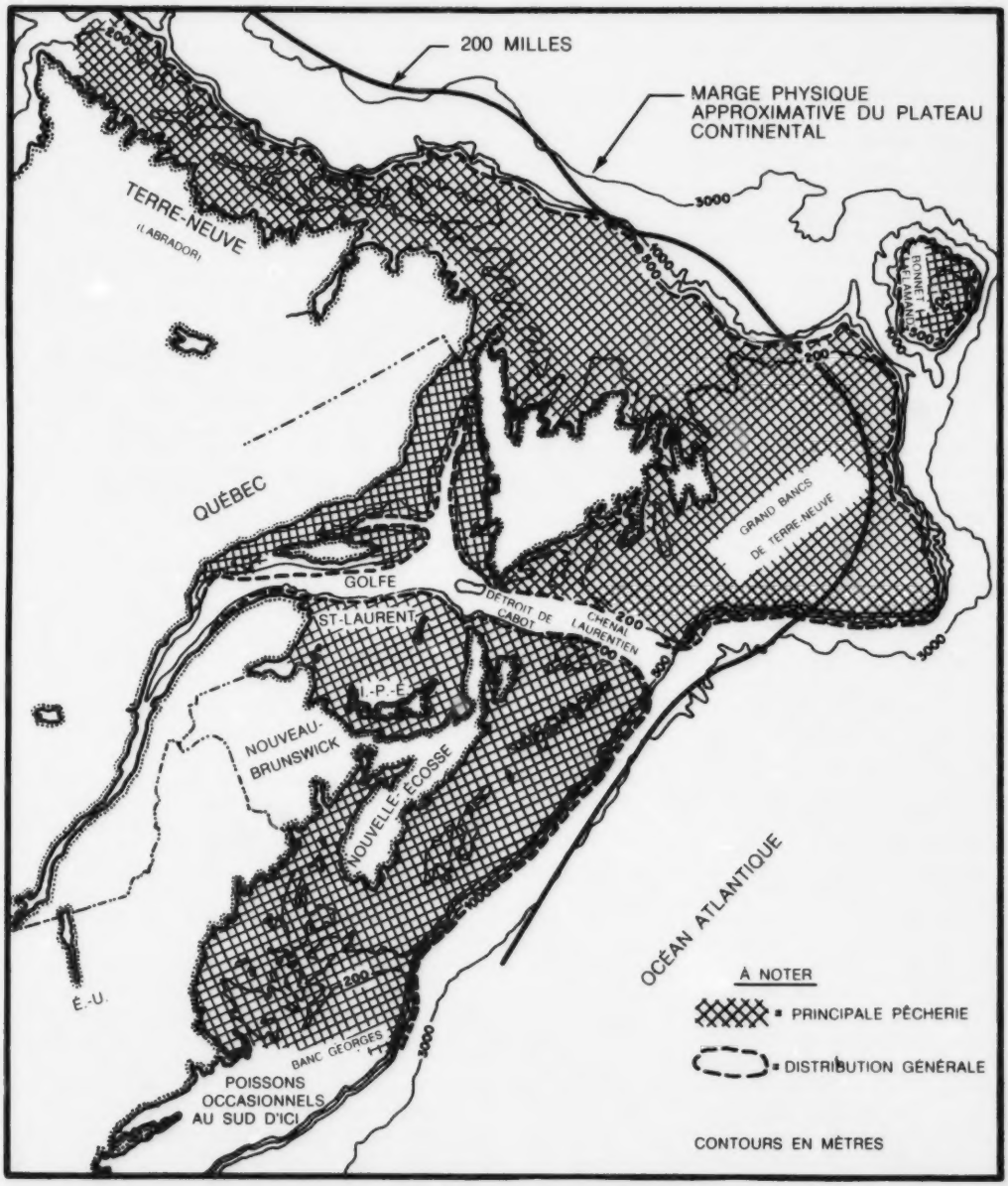


FIG. 2. Distribution des stocks et des pêcheries de morue.

Avec le développement rapide des pêches, en particulier de celles d'espèces et de stocks nouveaux, la cartographie effectuée par les navires et le personnel de recherches canadiens n'a pu suffire à la tâche, pour ce qui est de stocks nouveaux d'espèces traditionnelles ou d'espèces nouvelles utilisées pour la première fois. Une grande partie des cartes de distribution et de l'information relatives à la distribution d'espèces nouvelles (merlu, grenadiers, argentines, capelan, par exemple) nous est parvenue des navires de « reconnaissance et recherches » de l'URSS et de la République fédérale d'Allemagne et,

pour les régions plus à l'ouest, des équipes de recherches américaines. Sous le couvert de l'ICNAF, des recensements coordonnés de poissons de fond sont en cours depuis plusieurs années. De telles données, mises en commun, constituent une information de base pour la préparation de cartes mais qui a été rarement assemblée pour publication.

Nous ignorons encore des éléments importants de la répartition de diverses espèces, par exemple, celle de la petite morue sur la côte orientale de Terre-Neuve et du Labrador, la séparation des stocks de maquereaux tout le long de la côte atlantique et — comme il sera démontré plus bas — la séparation des stocks de harengs au large de presque toute la côte atlantique. Des cas spéciaux intéressent la répartition hivernale des espèces dans les régions couvertes de glace, comme le golfe Saint-Laurent, le Labrador et la partie nord de Terre-Neuve. Les navires de recherches canadiens sont incapables de travailler dans la glace de pack parce que ce sont des chalutiers conventionnels plutôt que des chalutiers à pêche arrière.

On a tracé des cartes générales de répartition à des fins spéciales, e.g. en vue de préciser la position canadienne lors des négociations sur le Droit de la mer (fig. 2, 3, 4). Il n'existe pas encore d'atlas complet des espèces, des migrations liées au cycle biologique et des changements à long terme dans la distribution. Templeman (1966) a publié un compte rendu détaillé de la plupart des ressources de la mer au large de Terre-Neuve, et Leim et Scott (1966) ont décrit le cycle vital et la répartition générale des espèces de la côte atlantique.

(viii) Contrôle continu de la recherche

Un des efforts majeurs de plusieurs pays travaillant dans la zone de l'ICNAF a été de développer une série de données statistiques; grâce à la coopération des pays membres de l'ICNAF, cette série est l'une des meilleures au monde. Le travail avait pour but de cueillir et de présenter sous forme de tableaux utilisables ce que Lucas (1973) appelle les statistiques brutes des pêches, de même que les statistiques vitales des stocks et des éléments qui les composent. On a donc voulu fournir des renseignements sur les espèces et les quantités capturées et débarquées, avec mention du lieu, du temps et de la façon dont elles ont été capturées, de même que de l'effort de pêche. De plus, les scientifiques ont cherché à obtenir des renseignements sur la taille et l'âge des poissons débarqués, de même que des poissons rejetés à la mer ou transformés en farine.

Pour des espèces telles que l'aiglefin et la morue, l'abondance des prérecrues a été estimée dans certaines régions à l'aide de recensements au chalut, avec quelque degré de précision (Heyerdahl et Grosslein 1974). Cependant, les pêcheries d'espèces telles que le maquereau, le hareng et le merlu se sont développées si rapidement que les estimés d'abondance des prérecrues manquent complètement ou sont extrêmement rudimentaires. De plus, la série temporelle est tellement courte que les estimés ne peuvent pas encore être appliqués au rendement de la pêcherie. La zone de l'ICNAF est tellement étendue qu'il nous faut reconnaître que le contrôle continu de l'abondance des prérecrues sur base de stocks individuels, même avec un degré de précision quelconque, est une tâche immense, comme on peut s'en rendre compte par les efforts préliminaires d'Heyerdahl et Grosslein (1974) en vue d'établir les coûts de tels programmes.

La distribution spatiale varie dans le temps, en fonction des saisons, de l'âge des cohortes de poissons et des perturbations du milieu. Les récents progrès réalisés par des méthodes ultrasoniques au Laboratoire d'écologie marine, Dartmouth, N.-É., et ailleurs sont encourageants et leurs applications courantes par le V.R. *A. T. Cameron* méritent d'être fortement appuyées. Cependant, même avec le développement plus poussé d'une méthodologie sonique, l'estimation directe de la taille des stocks dans la région canadienne de l'ICNAF est une tâche bien au-delà des moyens canadiens actuels et qui le demeurera pendant plusieurs années à venir.

Alors que les résultats sont très appréciables et forment une partie du fondement de la « gestion des pêches » (comme nous en parlerons plus bas), il est encore évident qu'il y a de grandes lacunes dans nos connaissances actuelles. Si l'on consulte les Bulletins statistiques et les Annuaires d'échantillonnage de l'ICNAF, on se rend compte de ces lacunes. Les détails qui manquent ont été énumérés par le Sous-comité de statistiques et échantillonnage du Comité de recherches et statistiques de l'ICNAF, année après année, dans les comptes rendus de leurs réunions annuelles (ICNAF Redbook, Part 1, 1971, 1972, 1973, etc.).

Les lacunes se font d'abord sentir dans le signalement des espèces capturées par rapport aux espèces débarquées. Peu de pays mentionnent, d'une façon utilisable, les espèces ou les quantités rejetées à la mer. Les pays latins ne mentionnent ordinairement que la morue, et pourtant, on sait fort bien que d'autres espèces sont capturées en même temps que la morue, même, à certaines périodes, en grandes quantités. Pour les autres pays européens et nord-américains, l'élément principal qui manque a trait aux petits poissons et aux poissons destinés à la fabrication de la farine. Les renseignements les plus susceptibles de faire défaut sur les navires-usines portent sur la composition en espèces de la portion des prises qui est transformée en farine.

La réglementation relative aux PTA et aux contingents nationaux a donné une nouvelle dimension au problème des statistiques au cours des 2 ou 3 dernières années. Bien qu'il soit difficile de le

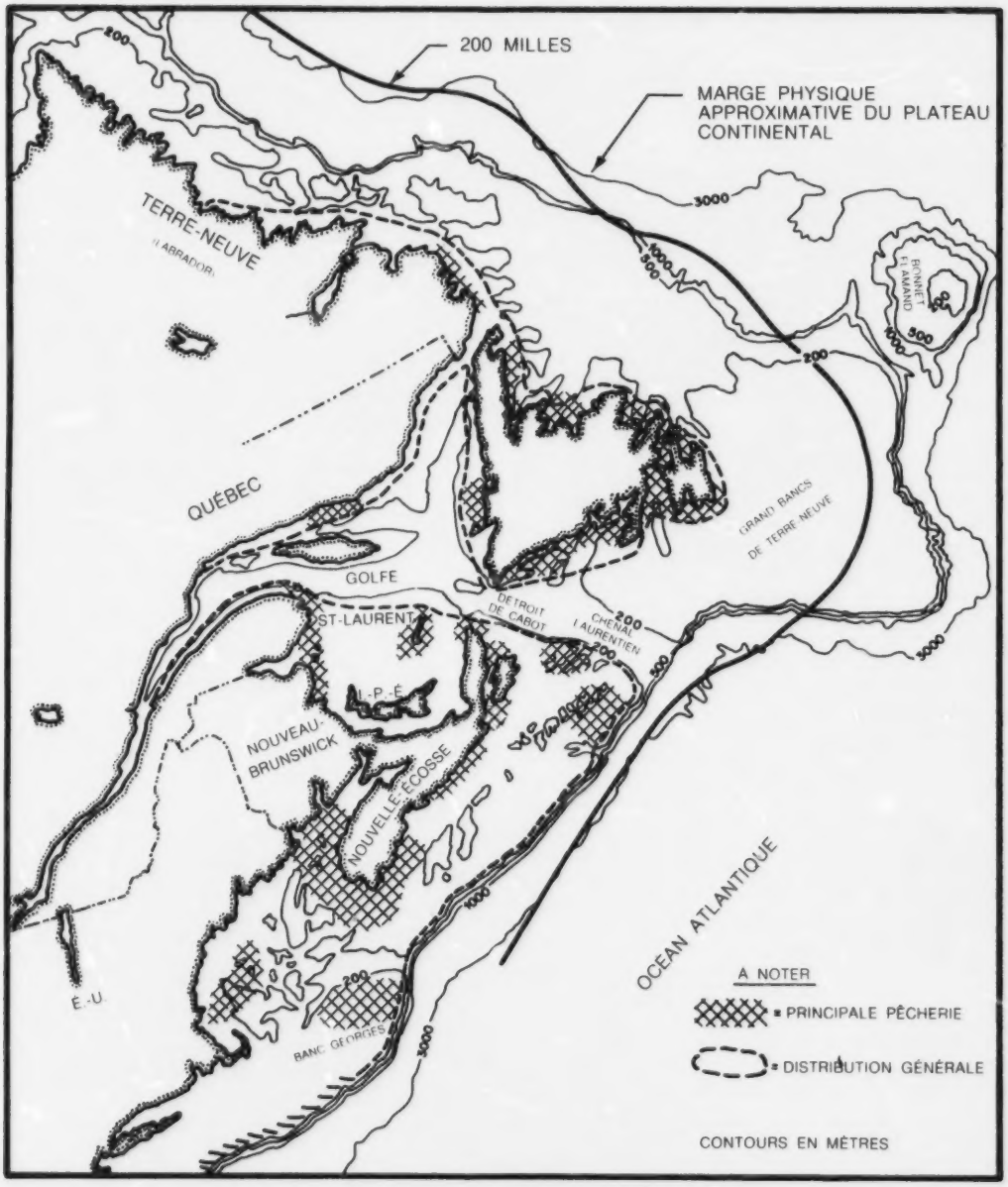


FIG. 3. Distribution des stocks et des pêcheries de hareng.

prouver, les statistiques sont manipulées de façon à demeurer dans les limites des contingents alioués aux Canadiens et aux autres groupes nationaux.

Les données sur la taille et l'âge des poissons capturés sont encore plus faibles, même pour la portion des prises qui est débarquée. Le Comité de recherches et statistiques de l'ICNAF, par l'intermédiaire de son Sous-comité de statistiques d'échantillonnage (ICNAF Redbook, Part 1, 1973), a essayé d'évaluer le minimum de données d'échantillonnage et d'établir une relation entre celles-ci et le rendement réel. Sauf dans un ou deux cas, la précision des

FIG. 4. Distribution des stocks et des pêcheries d'aiglefin.

estimés fondés sur les données de l'échantillonnage disponible était insuffisante pour permettre l'élaboration de modèles d'analyse de populations ou de cohortes virtuelles; dans le cas de plusieurs stocks, il n'y a pratiquement pas de données présentement disponibles.

On a depuis longtemps des doutes sur l'utilisation des données d'effort de pêche pour des estimés du maintien constant des prises maximales. Tout progrès technologique ou augmentation des connaissances des pêcheurs ont une influence sur le « coefficient d'exploitabilité ». Avec l'avènement des

contingents, et parce que le système général de réglementation est encore tellement primitif, l'effort de pêche sur un stock particulier se concentre encore plus qu'auparavant sur la période de disponibilité maximale, affectant ainsi davantage le coefficient d'exploitabilité. Comme dans le cas des données sur les débarquements, certains pays manipulent les données d'effort, du moins dans le cas de certaines espèces.

Il est donc évident qu'une surveillance continue en vue de déterminer ce qui se produit dans les pêches est une tâche importante qui n'a pas encore été entreprise de façon satisfaisante. Un contrôle continu tel que celui mentionné plus haut fournit beaucoup de données pour l'élaboration de modèles courants et continuera de le faire à l'avenir. Cependant, un tel contrôle a des fonctions beaucoup plus étendues. C'est ainsi par exemple que la surveillance requise pour l'application des règlements est une partie de ce contrôle. Le contrôle continu est également nécessaire à une évaluation économique de la réglementation et des programmes de gestion tels que la limitation des entrées. Le contrôle continu ne devrait pas être classé simplement comme outil de recherche; il mérite d'être appuyé davantage dans tout le processus de gestion des pêches.

(*ix*) *Élaboration de modèles de recherches*

Pour récapituler, les pêches de l'Atlantique Nord-Ouest sont « gérées » — il s'agit tout au plus d'interventions — par le biais de contingents fondés sur des PTA estimées pour la plupart des grands stocks de poissons, depuis le Groenland occidental jusqu'au centre de la côte des États-Unis. Le nombre de stocks soumis à des PTA a passé rapidement de 2 en 1968 à 56 en 1974. Toutes ces PTA impliquent l'élaboration de modèles, même si le modèle ou l'hypothèse permet seulement une supposition semi-quantitative qu'un stock particulier peut tolérer une exploitation aux niveaux atteints récemment.

Dans le Rapport de 1974 du Comité permanent de recherches et statistiques (STACRES) de l'ICNAF, les types de modèles, se rapportant tous à une seule espèce, ont été classifiés comme suit:

— modèles analytiques fondés sur l'analyse de la composition en âge d'un stock sur une période donnée (type 1);
— modèles de production généraux dans lesquels la grandeur du stock dans son ensemble est connue, mais dans lesquels manquent les données sur la composition en âge (type 2);
— information biologique générale (type 3); et
— statistiques de prises seulement (type 4).

Parmi les PTA estimées, environ 45% ont été obtenues à partir de modèles analytiques, 15% dans chacun des types 2 et 3 mentionnés plus haut, et 25% à partir de statistiques de prises seulement. Le tableau 3 montre le nombre de PTA estimées pour les principaux stocks et les méthodes qui ont servi à leur calcul.

Le calcul des PTA d'après la première méthode a exigé, et exige encore, beaucoup de temps de la part des scientifiques. Les secteurs qui requièrent le plus de temps sont les suivants: disposition des statistiques de débarquements en tables; supervision et assistance au moment de la cueillette d'échantillons; supervision de la détermination des âges dans le stock pêché; voyages en mer en vue d'obtenir un estimé des prérecrues et un estimé indépendant des coefficients de mortalité naturelle (ce qui, en plus du temps en mer, requiert du temps et des fonds, de même qu'un personnel pour traiter les données); et, finalement, les réunions de l'ICNAF au cours desquelles les PTA sont révisées (souvent à la lumière de données obtenues à la dernière minute) et/ou défendues lors de longues discussions sur les hypothèses en jeu.

Il est difficile d'évaluer en termes quantitatifs la façon dont a augmenté le temps requis pour donner des conseils à la gérance. Les données suivantes nous donnent une idée du volume accru des demandes. Jusqu'en 1971, l'ICNAF ne tenait qu'une réunion par année, la durée des réunions passant graduellement d'environ 10 jours à plus de 15 jours (y compris les fins de semaine). En 1972, il y eut deux réunions de l'ICNAF, d'une durée de presque 3 semaines, donnant un total annuel de quelque 35 jours. En 1973 et 1974, il y eut trois réunions, d'une durée de 2–3 semaines chacune, pour former un total de quelque 50 jours. En plus du temps consacré aux réunions elles-mêmes, il a fallu consacrer un temps sans cesse grandissant à la préparation de chaque réunion, à mesure qu'augmenta le nombre des stocks soumis à des PTA. Il est à prévoir que le temps consacré aux réunions de l'ICNAF et à leur préparation ira en augmentant et occupera une fraction de plus en plus grande de l'année.

De même, sur la scène nationale, le Comité de la gestion du hareng, qui se réunit jusqu'à 5 ou 6 fois par année, exige une préparation pour chaque réunion et une présence aux réunions qui durent 1 ou 2 journées.

Il n'existe pas de moyen simple et objectif d'estimer le nombre d'hommes-années et les montants impliqués dans les activités que nous avons décrites sous le nom de cartographie, contrôle continu et élaboration de modèles des pêches pour la côte orientale du Canada. Cependant, le tableau 4 démontre que le personnel des quatre stations de recherches de la côte atlantique diminua entre 1969/70 et 1973/74, pour ensuite se rétablir aux niveaux de 1969/70. Durant cette période, le nombre de scientifiques avait augmenté de 95 à 101, soit d'environ 6%.

TABLEAU 3. Captures récentes, PTA proposées et catégories d'évaluation pour les stocks considérés à la réunion de 1974 de l'INCAF (Extrait de ICNAF Redbook 1974, p. 66–67).

Espèce	Zone de stock	Prises nominales (000 tonnes)			PTAs (000 tonnes)[b]			Catégorie d'évaluation
		1971	1972	1973[a]	1973	1974	1975	
Cod	1	121	111	63	— (102)	107[c] (80)	(55)	1
	2GH	13	14	+		20[d] (20)	(20)	1
	2J+3KL	432	458	354	6.665 (650)	656.7[e] (650)	(550)	1
	3M	34	58	23	—	40 (35)	(40)	1
	3NO	126	103	80	103.5 (70)	101.1 (85)	(85)	1
	3Ps	64	44	53	70.5 (70)	70[f] (85)	(60)	1
	4Vn(jan–avr)+4T	57	68	61	—	63	(50)	1
	4Vn(mai–déc)	11	9	6	—	10[g] (70)	(10)	1
	4VsW	54	62	54	60.5 (60)	60 (60)	(60)	1
	4X(au large)	9	7	7	—	— (8)	(5)	1
	5Y	8	7	6	10 (10)	10 (10)	(10)	4
	5Z	28	25	29	35 (35)	35 (35)	(35)	2
Aiglefin	4VW	13	5	4	4 (0)	0 (0)	(0)	1
	4X	18	13	13	9 (0)	0 (0)	(15)	1
	5	12	7	6	6 (0)	0 (0)	(0)	1
Sébaste	2+3K	19	20	39	—	30 (25)	(30)	2
	3M	8	42	22	—	40 (—)	(16)	2
	3LN	34	29	34	—	28 (20)	(20)	2
	30	20	16	9	—	16 (15)	(16)	2
	3P	28	26	18	—	25 (23)	(25)	2
	4VWX	62	50	40	—	40 (30)	(30)	4
	5	20	19	17	30 (30)	30 (30)	(25)	4
Plie canadienne	2+3K	5	9	5	—	10.5[h] (8)	(8)	1
	3M	1	1	1	—	2 (2)	(2)	4
	3LNO	68	59	53	60.5 (60)	60 (60)	(60)	1
	3Ps	7	7	15	—	11 (10)	(11)	4

(*suite à la page suivante*)

TABLEAU 3. (suite)

Espèce	Zone de stock	Prises nominales (000 tonnes) 1971	1972	1973[a]	PTAs (000 tonnes)[b] 1973	1974	1975	Catégorie d'évaluation
Limande à queue jaune	3LNO	37	39	33	50 (50)	40 (40)	(35)	1
	5(69°E)				16 (16)	16 (16)	(16)	2
	5(69°W)	24	30	26	10 (10)	10 (10)	(0)[i]	2
Plie grise	2J+3KL	16	17	24	—	22[j] (17)	(17)	1
	3NO	15	9	7	—	10 (10)	(10)	4
	3Ps	2	2	3	—	3 (3)	(3)	4
Plies[k]	4VWX	34	24	28	—	32 (32)	(32)	4
Autres plies[l]	5+6	28	24	22	25 (25)	25 (25)	(25)	3
Flétan du Groenland	2.+3KL	25	30	29	—	40[m](30)	(40)	4
	1 + Î. Baffin	4	14	10	—	—		
Merlu argenté	4VWX	129	114	299	—	100 (50–100)	(120)	1
	5Y	8	7	9	10 (10)	10 (10)	(15)	3
	5Ze	72	78	62	80 (80)	80 (80)	(80)	3
	5Zw + 6	28	31	61	80 (80)	80 (80)	(80)	3
Merluche-écureuil	5Ze[n]	9	39	25	—	20 (20)	(20)	1
	5Zw + 6[n]	31	36	42	40 (40)	50 (50–70)	(45)	1
Goberge	4VWX	12	20	30				
	5	14	13	13	50 (50)	50[o] (50)	(55)	4
Argentine	4VWX	7	6	1	—	25 (25)	(25)	3
	5	7	33	3	—	25 (25)	(25)	4
Grenadier de roche	1 + Î. Baffin	8	8	5	—	—		
	2 + 3	75	24	18	—	32 (30)	(32)	1
Capelan	2 + 3K	+	46	136	—	110[p]	(300)	3
	3LNOPs	3	25	132	—	148[p] (250)	(200)	3
Hareng	4VW(a)	72	32	30	—	45 (45)	(45)	3
	4XW(b)	93	159	135	—			
	4XW(b)(adulte)	70	75	91	90	90 (90)	(90)	1
	5Y	51	62	32				
	5Y(adulte)	39	43	16	25	25 (25)	(25)	1
	5Z + 6	267	174	202	150	150 (150)	(150)	1

(*fin à la page suivante*)

TABLEAU 3. (fin)

Espèce	Zone de stock	Prises nominales (000 tonnes) 1971	1972	1973[a]	PTAs (000 tonnes)[b] 1973	1974	1975	Catégorie d'évaluation
Maquereau	4VWX	17	13	26	—	55 (—)		
	3 + 4	24	22	38	—	—	(70)	4
	5 + 6	349	387	381	450	304 (251–312)	(285)	1
Autres poissons	5 + 6	139	115	155	—	125 (125)	(125)	4
Encornet(*Illex*)	3 + 4	9	2	10	—	—	(—)	3
" (*Illex*)	5 + 6	22	18	23	—	71 (—)	(—)	
" (*Loligo*)	5 + 6		31	34	—	(50–80)	(71)	2
Général 2e ordre[r]	5 + 6	1136	1145	1156	—	923.9 (—)	850 (850)	

[a]Statistiques provisoires (Summ. Doc. 74/38).
[b]Les quantités entre paranthèses sont les PTA recommandées par le STACRES.
[c]Inclut un estimé de 12,000 tonnes en dehors de la zone de la convention.
[d]Inclut un estimé de 1,000 tonnes en dehors de la zone de la convention.
[e]Inclut un estimé de 50,000 tonnes en dehors de la zone de la convention.
[f]Inclut un estimé de 20,000 tonnes en dehors de la zone de la convention.
[g]Inclut un estimé de 2,000 tonnes en dehors de la zone de la convention.
[h]Inclut un estimé de 2,500 tonnes en dehors de la zone de la convention.
[i]PTA recommandées s'appliquent à 5 (69°W) + 6.
[j]Inclut un estimé de 2,500 tonnes en dehors de la zone de la convention.
[k]Plie canadienne, plie grise et limande à queue jaune.
[l]Toutes les autres plies, sauf la limande à queue jaune.
[m]Inclut un estimé de 5,000 tonnes en dehors de la zone de la convention.
[n]PTA s'appliquent à 5Z (69°E) + 6, respectivement.
[o]Chaque pays doit rapporter ses prises séparément pour les sous-zones 4 et 5; à noter que les prises de la sous-zone 5 sont appliquées au contingent de second ordre pour la sous-zone 5 et la zone statistique 6.
[p]Les pays n'ayant pas de contingent spécifique peuvent prendre un total de 10,000 tonnes chacun à même les stocks dont pas plus de 5,000 tonnes peut provenir de la div. 3LNOPs.
[q]Exclut toutes les espèces à PTA, ainsi qu'alose tyran, balaou, thons et grands requins.
[r]Tous les poissons (sauf alose tyran, balaou, thons et grands requins) et les encornets.

TABLEAU 4. Effectifs scientifiques canadiens oeuvrant dans le domaine des pêches de l'Atlantique.

Années	Hommes-années totaux [a]					Scientifiques				
	Bedford (LEM)	St. Andrews	St-Jean (T.-N.)	Halifax	Total	Bedford (LEM)	St. Andrews	St-Jean (T.-N.)	Halifax	Total
1969–70	51	121	88	86[b]	346	20	29	23	23	95
1970–71	59	118	77	69	323	23	34	21	18	96
1971–72	61	103	83	70	317	24	30	23	19	96
1972–73	71	106	91	73	341	24	33	26	18	101
1973–74	74	109	91	73	347	25	29	29	18	101

[a] Exclut officiers et équipages des navires.
[b] Inclut le laboratoire de Grande-Rivière en 1969–70.

Quelques-unes des nouvelles recrues, aussi bien que des membres plus anciens du personnel furent affectés à des travaux importants sur la pollution et autres contraintes de l'environnement. Le résultat d'une telle réorientation, en plus du manque à augmenter le personnel, a abouti à une diminution d'au moins 12–15% en scientifiques-années directements impliqués dans la gestion des pêches.

(*d*) *Cas de la pêcherie de hareng* — En présentant un historique des pêches du hareng sur la côte est, nous voulons démontrer quelques-unes des lacunes courantes qui existent dans la recherche et dans les conseils scientifiques donnés en vue de la « gestion » de ces pêcheries.

Pimlott et al. (1971) donnent un bref historique de la pêcherie de hareng de l'Atlantique, démontrant sa nature côtière au cours de la plus grande partie de son existence de 150 ans. Ils indiquent le changement qui se produisit vers 1964, alors que cette pêcherie est devenue « hauturière » avec la senne coulissante, et orientée surtout vers la production de farine de poisson. Comme le montre la fig. 5, pendant plusieurs années, les débarquements de hareng se sont en général maintenus entre 80 et 130 mille tonnes. De 1965 à 1968, les prises ont augmenté d'environ 200 mille à 500 mille tonnes annuellement. L'industrie développa un potentiel excessif de capture et de transformation du hareng, et continua de donner de l'expansion à la pêcherie, même si l'on avait déjà des indications que les stocks étaient lourdement exploités. À ce stade, il semble que la pêcherie ne contribua pas au rendement net de l'économie. Pimlott et al. (1971) font remarquer que durant la période initiale d'expansion, aucun pays étranger ne participa à la pêcherie de sorte qu'il aurait été possible de la contrôler sur une base nationale (canadienne).

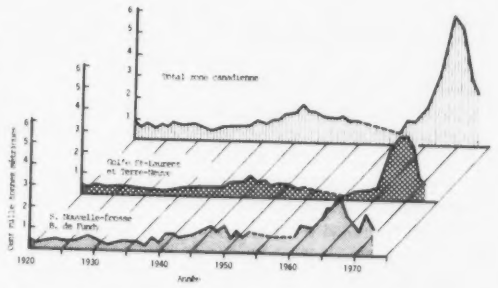


FIG. 5. Débarquements de hareng de la région canadienne de l'Atlantique (1920–54 d'après Scattergood et Tibbo 1951; à partir de 1961, ICNAF Stat. Bull.).

Depuis, les débarquements de hareng ont atteint un sommet de 600 mille tonnes en provenance de la région canadienne en 1969, ont diminué rapidement à environ 300 mille tonnes en 1970-72 (fig. 5) et, en 1973, ont été soumis à un contingent d'environ 250 mille tonnes. C'était là une mesure un peu tardive pour prévenir la surexploitation.

Les trois principales pêcheries du large de la côte canadienne sont: golfe Saint-Laurent–sud-ouest de Terre-Neuve, baie Chédabouctou–est du Cap-Breton, et sud de la Nouvelle-Écosse–baie de Fundy. Les PTA des première et troisième pêcheries ont été calculées à l'aide de modèles analytiques (type 1 de l'ICNAF); les PTA de la seconde pêcherie ont été obtenues à partir de données biologiques générales (type 3). Pour ce qui est de la pêcherie golfe Saint-Laurent–sud-ouest de Terre-Neuve, des marquages ont démontré les points suivants: les stocks se mélangent, les individus plus vieux qu'environ 5 ans émigrant vers Terre-Neuve en hiver; cette poussée extraordinaire de la pêcherie depuis environ

60 mille tonnes en 1966 à plus de 300 mille tonnes en 1970 (fig. 5) a été le produit de deux classes annuelles très abondantes — les reproducteurs d'automne de 1958 et les reproducteurs de printemps de 1959; le déclin rapide qui suivit des débarquements d'environ 80 mille tonnes en 1973 fut le résultat de la mortalité due à la pêche et de la mortalité naturelle de ces deux classes annuelles, en plus de l'absence de « bonnes » classes annuelles depuis 1959. Le fondement analytique des PTA pour ce stock est donc faible à cause du manque des donnés suivantes: abondance des prérecrues ou même répartition des prérecrues; stabilité ou instabilité du système (i.e. à savoir si les classes de 1958 et de 1959 sont anormales); quelle taille devrait avoir un stock reproducteur raisonnable; et, question très pertinente, que deviendra la pêcherie du sud de Terre-Neuve si les stocks sont lourdement exploités dans le golfe Saint-Laurent, étant donné qu'en l'absence de vieux poissons il est possible qu'il n'y ait pas de migration vers le sud-ouest de Terre-Neuve.

La pêcherie baie Chédabouctou–Cap-Breton a démontré des lacunes différentes: l'identification et ou la définition de frayères de superficie suffisante pour fournir une pêcherie de cette envergure n'ont pas encore été mises au point; la composition du stock n'est pas encore connue avec précision (on suppose qu'il a trois composantes); enfin, l'interrelation entre les jeunes et les adultes n'est pas connue.

Cependant, on a établi des PTA à partir de connaissances biologiques générales. Cette action est en accord avec la suggestion de Larkin et Wilimovsky (1973) à l'effet que la gestion, pour réussir, doive se faire à partir de décisions prises avec des connaissances insuffisantes, quitte à les faire suivre de décisions fondées sur des connaissances moins inadéquates.

Le fait que les prises récentes dépendent davantage des jeunes poissons donne à croire que les PTA ont été surestimées.

La troisième pêcherie majeure, celle du sud-ouest de la Nouvelle-Écosse–baie de Fundy (fig. 5), présente, elle aussi, des problèmes majeures. Les rapports de l'ICNAF précisent que les PTA ont été établies à partir d'un modèle analytique de la pêcherie. Ici encore, on a dû faire des hypothèses majeures, encore insuffisamment appuyées sur des données relatives à la définition des stocks, quand on a attribué les composantes de cette pêcherie au stock principal du sud-ouest de la Nouvelle-Écosse (Miller et Halliday 1974). On n'est pas certain de pouvoir assigner le stock adulte et sa progéniture au complexe du golfe du Maine, du banc Georges et du sud-ouest de la Nouvelle-Écosse. Le calcul des PTA pour ce système est devenu graduellement plus difficile à mesure que la pêcherie en est venue à dépendre de poissons plus jeunes. Présentement, les poissons âgés de 2 ou 3 ans constitueraient, si la classe annuelle est abondante, la majeure partie des prises. Parce qu'on ne peut obtenir d'estimé quantitatif des nouvelles classes annuelles avant qu'elles ne soient recrutées à la pêcherie, les PTA ne sont que des approximations grossières.

Alors qu'il est très encourageant de constater un changement d'attitude à prendre des décisions à temps, même à partir de données moins qu'adéquates, il y a également des points sombres. Les années 1970 sont une période de transition. Les talents scientifiques sont mobilisés et doivent consacrer une grande partie de leur temps et de leurs budgets à estimer et défendre des PTA dont les composantes ont une marge d'erreur extrêmement grande, dérivées qu'elles sont de modèles grossiers et de données inadéquates. En autant qu'on puisse s'en assurer, il n'y a pas eu d'estimés de faits de ces erreurs. On a établi des PTA de 90 mille tonnes pour la pêcherie sud-ouest de la Nouvelle-Écosse–baie de Fundy pendant 2 années consécutives; sachant que les fluctuations des classes annuelles dans cette région sont très grandes, une répétition de l'estimé de 90 mille tonnes peut signifier soit que le modèle utilisé n'est pas très sensible, soit que les hypothèses sont modifiées de façon à maintenir le statu quo.

Ce qui précède est un compte rendu relativement bref d'un problème très complexe posé à la recherche halieutique en relation avec la gestion. Cependant, on y voit un exemple d'une diversité de problèmes qui se présentent avec tous les 56 stocks pour lesquels on a estimé des PTA. On peut résumer ces problèmes comme suit:

On a établi des PTA pour presque tous les stocks utilisés le long de la côte atlantique, par une méthode ou une autre, mais ces PTA devront être révisées chaque année qu'on utilisera un « contrôle » par stock individuel.

Alors que les PTA et les contingents nationaux peuvent mettre un frein à la fois à la pêche pulsatoire et à une intensification trop rapide de l'exploitation, une portion beaucoup trop forte de « l'effort de recherches » est consacrée à la manipulation de données grossières aboutissant à des modèles simples qui ont une fiabilité relativement faible.

Pour plusieurs stocks, le hareng en est un exemple, les cartes indiquant les diverses phases du cycle biologique sont inadéquates.

Le contrôle continu est dans un état difficile, en ceci que les statistiques et les débarquements de tous les pays sont d'une précision douteuse, les données sur les lieux de capture peuvent être falsifiées, l'échantillonnage technique de la taille et de l'âge tant des poissons débarqués que capturés est inadéquat (ICNAF Redbook 1972, 1973), et on ne fait pas rapport sur la taille et la sorte de poissons rejetés à la mer.

Les estimés courants sont fondés en grande partie sur des données provenant de la cartographie et du contrôle continu, et les efforts en vue d'élaborer des modèles de relations et de causes sont encore primitifs.

La présente méthode d'estimation des PTA par stock n'est pas très efficace pour la solution de problèmes de pêcheries mixtes, surtout en ce qui concerne la capture fortuite d'espèces considérées comme étant de haute valeur par les autres pays.

L'établissement des PTA, qui devrait être un processus entièrement scientifique, a pris une tournure politique en ceci que les experts visent à maintenir le statu quo (ICNAF Redbook 1974), à moins de preuves écrasantes qu'un changement est devenu nécessaire.

Avec l'augmentation de l'effort de pêche, l'âge et la taille des poissons capturés diminuent, le nombre de classes annuelles exploitées par une pêcherie s'amoindrit, et la tendance est à l'instabilité (Regier et Loftus 1972).

À cause d'une tendance marquée vers la récolte de recrues nouvelles, les modèles courants présupposent une information valable quant aux prérecrues (les larves, dans certains cas), mais des méthodes d'échantillonnage quantitatif et indépendant des prérecrues n'ont été développées que pour quelques espèces seulement.

2. Pêches dans le Pacifique

L'histoire et le développement des pêches au large de la côte de la Colombie-Britannique ont été décrits par Shepard et Stevenson (1956), Larkin et Ricker (1964), Hourston (1972) et dans un récent rapport inédit d'un groupe de travail du Service des pêches et des sciences de la mer. Hart (1973) a décrit les espèces de la côte du Pacifique et donné de brefs comptes rendus de leur répartition et cycle biologique.

Nous pourrions décrire les pêches de la côte du Pacifique en adoptant la méthode de suite dans le temps, comme nous l'avons fait pour la côte atlantique. Par ailleurs, une complexité moins grande et le rôle dominant des pêches du saumon et du flétan nous ont incités à présenter ce compte rendu selon les taxons. Nous discuterons des recherches et de certains aspects institutionnels à la suite des comptes rendus des espèces.

(*a*) *Saumon* — La pêcherie de saumon de la Colombie-Britannique est fondée en grande partie sur cinq espèces d'*Oncorhynchus*. Les pêches commerciales commencèrent aux alentours de 1863 pour le saumon nerka (Clemens 1956) et déjà, au début des années 1900, certains stocks étaient lourdement exploités. La pêche commerciale intensive des autres espèces date des alentours de 1920. Les fluctuations des prises ont à juste titre retenu l'attention des scientifiques.

Le saumon est l'objet d'une pêcherie majeure. Au cours de la période 1957–72, les débarquements étaient en moyenne de 60 mille tonnes (entre 34–82 mille). En 1973, les débarquements atteignirent un sommet de 84 mille tonnes, d'une valeur record de $100 millions au débarquement.

En général, les méthodes de pêche du saumon ont été étroitement réglementées et limitées aux filets maillants, à la senne coulissante et aux lignes traînantes. Les pêches commerciales et sportives ont toutes deux été réglementées par des mesures telles que régions interdites, périodes de fermeture, type d'engin utilisé et autres mesures en vue de minimiser l'interférence d'un type d'engin par un autre. La majeure partie de la pêcherie canadienne et américaine se poursuit à proximité des côtes, à l'intérieur de zones de pêche nationales et dans le voisinage de la rivière d'origine de chacun des stocks de saumons. La réglementation vise à atteindre un maximum de captures, tout en s'assurant que le nombre de géniteurs qui échappent aux engins de pêche est suffisamment grand pour donner un recrutement maximal. La gestion nationale et internationale des nombreux stocks qui remontent les différentes rivières est complexe et s'efforce d'adapter le taux d'exploitation à la taille des stocks présents dans chaque région et à chaque année. Contrairement à la plupart des espèces du Pacifique, le saumon meurt immédiatement après la fraie, de sorte que, s'il y a sous-exploitation, il n'y a quand même pas de survivants à être capturés l'année suivante. De plus, une surabondance de géniteurs peut entraîner une surfécondation de certaines frayères.

Comme conséquence de la complexité écologique, les règlements régissant la concurrence internationale pour le saumon sont également complexes. Comme exemple, la Commission internationale des pêcheries de saumon du Pacifique (CIPSP), en plus de s'occuper de développer les stocks de saumons nerka du fleuve Fraser, eut à voir à ce que la réglementation assure des prises égales aux pêcheurs américains et canadiens, puisque le saumon nerka du fleuve Fraser traverse les eaux territoriales et du Canada et des États-Unis. De plus, les stocks de saumons roses du fleuve Fraser et des régions avoisinantes ont été placés sous le contrôle de la Commission internationale des pêcheries de saumon du Pacifique en 1957. Bien que la CIPSP fournisse un mécanisme permettant d'égaliser les captures du Canada et des États-Unis à l'intérieur des eaux du traité, il existe encore des causes majeures d'irritation au sein de ces pêcheries et d'autres pêcheries côtières. Ces problèmes doivent être résolus et font l'objet de négociations bilatérales intermittentes.

Ce qui distingue le saumon anadrome, sur les deux côtes, des autres espèces du plateau continental dans la position du Canada aux conférences sur le droit de la mer, c'est le problème des pêches en haute mer, en dehors de toute zone économique proposée. Des marquages directs et l'emploi de marques biologiques ont démontré que le saumon, durant sa vie en mer, se déplace sur de grandes distances au large (Manzer et al. 1965; Godfrey 1965; Mason 1965; Margolis et al. 1967; Shepard et al. 1968). Dans le Pacifique, les pêcheries actuelles de saumon en haute mer sont réglementées de façon que peu de saumons d'origine canadienne y sont capturés.

Cette limitation a été réalisée grâce à l'établissement d'une « ligne » à l'est de laquelle il est défendu au Japon de pêcher. Un des objectifs internationaux majeurs du Canada est d'éliminer toute pêche en haute mer, par d'autres pays, de stocks anadromes provenant du Canada (Haig-Brown 1974).

(*b*) *Poissons de fond* (*à l'exclusion du flétan*) — Un rapport récent d'évaluation par un groupe de travail sur les poissons de fond, indique que la production annuelle moyenne des navires canadiens et américains pêchant au large de la côte de la Colombie-Britannique en 1963–72 était d'environ 34 mille tonnes, la part du Canada étant d'environ 59%. La morue et le sébaste du Pacifique, les autres scorpènes, les lingues, la sole et la plie du Pacifique constituent 83% des débarquements par les deux flottilles.

L'accent s'est déplacé d'une espèce à l'autre et d'un banc à l'autre selon l'abondance du poisson et les exigences du marché. Au cours de la période 1963–72, les navires canadiens eurent tendance à débarquer plus de morue et de sole du Pacifique, de lingues et, plus récemment, de plie du Pacifique en plus des espèces précédentes. Les navires américains débarquèrent de plus grandes proportions de sébaste du Pacifique et d'autres scorpènes.

Présentement, la plus grande partie des prises est effectuée au chalut, une méthode de pêche qui devint proéminente au début des années 1940 (Larkin et Ricker 1964). La flottille de chalutiers comprend surtout des navires polyvalents qui pêchent les poissons de fond pendant environ 4½ mois de l'année. La plupart des vaisseaux sont désuets et de tonnage, de puissance et d'équipement inadéquats pour un chalutage efficace (rapport du groupe de travail sur les poissons de fond). On est à introduire présentement le chalutage entre deux eaux, le sennage en paire et la capture au filet-piège de la morue charbonnière.

La majeure partie de la pêcherie actuelle de poissons de fond au large de la côte de la Colombie-Britannique se pratique à l'intérieur de la zone déclarée comme territoriale et des lignes de fermeture du détroit de Georgie, des détroits de la Reine-Charlotte et Hécate, et au large de la côte occidentale de l'île Vancouver. Il serait possible de capturer beaucoup plus de poissons de fond dans cette région protégée, en pêchant les stocks de merlus et de morues du Pacifique occidental dans le détroit de Georgie et les scorpènes dans les détroits de la Reine-Charlotte–Hécate à l'aide de chaluts semi-pélagiques. On rapporte que l'abondance et la répartition des stocks de l'entrée Dixon sont relativement inconnues. Les estimés d'une expansion possible dans les régions présentement sous la juridiction canadienne vont jusqu'à 57 mille tonnes et comprennent une variété d'espèces soit présentement rejetées à la mer, soit inexploitées.

Les navires japonais et soviétiques commencèrent à opérer au large de la Colombie-Britannique en 1966. Leur production initiale était d'environ 45 mille tonnes, surtout des scorpènes. Par la suite, les navires japonais commencèrent à pêcher la morue charbonnière à l'aide de lignes fixes, et l'URSS le merlu au chalut semi-pélagique (rapport du groupe de travail sur les poissons de fond). Les soviétiques fournissent annuellement des statistiques de leurs débarquements selon les termes d'un accord bilatéral relatif aux pêches d'intérêt commun dans le Pacifique NE.

Un contraste entre les pêcheries de poissons de fond de l'Atlantique et du Pacifique réside dans le fait que les espèces préférées des pêcheurs canadiens n'ont pas été exploitées intensivement par le Japon et l'URSS. Par ailleurs, l'industrie de la Colombie-Britannique s'intéresse de plus en plus à l'exploitation des scorpènes.

La concurrence pour les stocks de poissons de fond, en grande partie entre les pêcheurs canadiens et américains, est directement liée au processus de commercialisation nord-américain, une grande partie des prises canadiennes étant mise en marché aux États-Unis. À cause d'un plateau continental beaucoup plus étroit sur la côte du Pacifique et des lignes de fermeture actuelles, les prises fortuites, par les navires étrangers, d'espèces en grande demande au Canada ne sont pas un problème aussi aigu que sur la côte atlantique. Ceci ne veut pas dire que les poissons rejetés à la mer ne posent pas de problèmes: On a des estimés à l'effet que les pêcheurs canadiens rejettent jusqu'à 40% de leurs prises de chalut, sous prétexte que certaines espèces ne sont pas encore commercialisables.

En ce qui concerne la gestion, les nouvelles pêcheries japonaises et soviétiques au large de l'île Vancouver seraient affectées si la position d'une zone économique de 200 milles était acceptée par les négociateurs internationaux. La pêcherie japonaise semble avoir déjà épuisé les scorpènes au large de la côte occidentale de l'île Vancouver, réduisant ainsi la chance d'une expansion rapide pour les pêcheurs canadiens. La flottille soviétique exploitant le merlu du Pacifique dans cette région poserait également des

problèmes, tant de contrôle que de recherches. Pour le merlu, ces problèmes se compliquent du fait que des mêmes stocks se déplacent le long de la côte du Pacifique pour traverser les frontières éventuelles de zones économiques canadiennes et américaines.

Les problèmes d'allocations de poissons de fond entre le Canada et les États-Unis peuvent être plus difficiles sur la côte du Pacifique que sur la côte de l'Atlantique. C'est ainsi par exemple que les États-Unis capturent une proportion beaucoup plus forte de poissons de fond dans les eaux canadiennes sur la côte du Pacifique que sur la côte de l'Atlantique. Les eaux septentrionales au large de l'Alaska, qui tombent dans les limites de la zone économique postulée par les États-Unis, laissent entrevoir des possibilités d'expansion pour le Canada et, déjà, une portion considérable des prises de flétan canadien provient de ces eaux.

(*c*) *Flétan* — Le flétan a été l'objet d'une importante pêcherie démersale spécialisée qui est depuis longtemps réglementée par une commission internationale. Les prises de pointe du début de la pêcherie se firent aux environs de 1915 (Shepard et Stevenson 1956). La diminution des prises aboutit à la formation, au cours des années 1920, d'une commission internationale (maintenant connue sous le nom de Commission internationale du flétan du Pacifique) conjointe avec le Canada et les États-Unis. Cette commission a été formée dans le but d'enquêter sur le déclin des stocks et de réglementer la pêcherie.

On a établi un contrôle par le biais de contingents de prises annuelles et limitation des méthodes de pêche à la palangre et aux lignes traînantes seulement. Les flétans capturés par les chalutiers canadiens et américains doivent être remis en liberté. L'introduction de contingents a coïncidé avec le début d'une augmentation d'abondance du flétan. La possibilité qu'un changement naturel à long terme ait également affecté l'abondance du flétan a été examinée par Burkenroad (1948) et Ketchen (1956), mais niée vigoureusement par Bell et Pruter (1958).

Les objectifs spécifiques de la Commission du flétan de maintenir les stocks à un haut niveau de rendement physique soutenu ont été bien servis par le système de contingents jusqu'à la fin des années 1960. Les aspects économiques des règlements de la Commission du flétan, jusqu'au milieu des années 1950, ont été documentés par Crutchfield et Zellner (1963), qui en arrivèrent à la conclusion que les effets secondaires de la réglementation empêchèrent cette pêcherie d'apporter une contribution économique nette importante. Depuis 1956, le facteur le plus important, et qui affecte la longueur de la saison, a été l'adoption, par les pêcheurs, d'un programme d'arrêt de travail entre les voyages.

Durant les années 1970, la pêcherie de flétan du Pacifique eut de sérieux problèmes avec des contingents se rapprochant des niveaux qui avaient été établis à l'époque où la commission a commencé son régime de gestion. Larkin et Ricker (1964) avaient prévu ces difficultés et mentionné une interférence possible de la part des navires soviétiques et japonais qui intensifiaient leur chalutage. Ces auteurs se demandèrent si une pêcherie de flétan basée sur la capture de grands poissons à la palangre pouvait se maintenir.

Skud (1973) résume les récents événements et souligne que la diminution des stocks de flétan a commencé à une époque où l'effort des chalutiers pêchant d'autres poissons de fond était relativement faible. Cet auteur suggère que, quand la Commission internationale du flétan du Pacifique décida de réduire les limites de prises, ces diminutions ne furent pas une compensation suffisante. Au bas niveau présent des stocks, la pêcherie nord-américaine de flétan est en danger, parce que les prises par les flottilles de chalutiers, particulièrement dans la mer de Béring, ne sont pas contrôlées et continuent d'augmenter. Skud compare la situation avec celle des « prises d'espèces fortuites » ailleurs (aiglefin dans l'Atlantique Nord, homards, crabes, etc.) et suggère des méthodes susceptibles d'atténuer les problèmes de cette pêcherie spécialisée de flétan par rapport aux pêcheries plus importantes de plusieurs espèces au chalut.

Les événements qui ont marqué la pêcherie de flétan de la côte du Pacifique ressemblent un peu à ceux de la pêcherie de flétan de la région atlantique. McCracken (1958) passe en revue cette dernière dans l'Atlantique Nord-Ouest et fait remarquer la vulnérabilité du flétan au chalut. Les prises en Atlantique n'ont jamais été soumises à des contingents et sont présentement à un bas niveau. Dans bien des régions où l'on pratique un chalutage intensif, tels le banc Georges ou le sud du Grand banc où il était jadis commun, le flétan est maintenant rare. Même à leurs bas niveaux actuels, les prises se sont maintenues seulement dans les régions où des fonds accidentés eurent tendance à limiter le chalutage.

(*d*) *Hareng* — Pour résumer brièvement (voir Shepard et Stevenson 1956, ainsi que Larkin et Ricker 1964), la pêcherie de hareng commença vers la fin des années 1800 et, à partir du début des années 1900, se développa d'une façon régulière jusqu'au milieu des années 1960, tant sous le rapport des prises (tableau 5) que celui du nombre de stocks exploités. Les prises ont été transformées en hareng salé sec jusqu'au déclin des marchés au début des années 1930. À cette époque les débarquements tombèrent d'environ 80 mille tonnes à 30 mille tonnes. L'industrie de la farine de poisson, qui débuta en 1924, était solidement établie au début des années 1940, alors que les prises atteignaient en moyenne

environ 100 mille tonnes annuellement (tableau 5). Au début des années 1930, les fortes fluctuations des prises de la côte occidentale de l'île Vancouver conduisirent à l'établissement de contingents, tant dans cette région que sur la basse côte orientale. Par suite d'une demande accrue, la pêcherie s'étendit à d'autres régions et, dès le début des années 1940, les débarquements étaient d'environ 100 mille tonnes annuellement, provenant presque exclusivement de la senne coulissante. À cette époque, les principales populations, sauf celles de l'île de la Reine-Charlotte, étaient toutes soumises à des contingents.

Larkin et Ricker (1964) font la revue suivante de la pêcherie de hareng de la côte du Pacifique: « Au milieu des années 1940, on commença à douter de la nécessité des contingents de prises. On démontra que l'abondance d'une population de harengs était fonction de l'abondance des classes annuelles qui la constituaient, et que les faibles prises qu'on avait connues sur la côte occidentale de l'île Vancouver étaient causées avant tout par l'absence, pendant plusieurs années successives, d'abondantes classes annuelles (Tester 1948). Le rétablissement de cette pêcherie en 1945–46 résulta de l'apparition d'une riche classe annuelle de 1943. De plus, il a semblé que la production de classes annuelles fortes ou faibles n'avait pas été causée par des variations de l'effort de pêche ou des variations d'abondance du stock reproducteur (sur la gamme observée). De faibles classes annuelles ne furent généralement pas le résultat d'un frai peu abondant, pas plus d'ailleurs que les fortes classes annuelles ne furent, en général, le résultat d'un frai abondant. Comme exemple, l'abondante classe annuelle de 1943 provint d'un frai exceptionnellement pauvre.

« Ces observations eurent des implications économiques importantes; des contingents auraient pu entraîner la perte de milliers de tonnes de hareng pendant les années d'abondance. L'intérêt suscité par le problème des contingents atteignit un sommet au moment où un vigoureux marché européen d'après-guerre (au milieu des années 1940) donna une forte impulsion à l'industrie harenguière. C'est à ce moment que, pour éprouver l'efficacité du système des contingents, on les élimina de la pêcherie de hareng de la côte occidentale, et on évalua ensuite les prises et le nombre de survivants. Cette expérience démontra qu'au moins dans certaines régions, la limitation des prises par des contingents n'était pas nécessaire.

« Les variations annuelles des conditions océanographiques et particulièrement l'abondance d'une nourriture appropriée ont un effet marqué sur la survivance des larves de hareng. »

Tout en maintenant des contingents pour la plupart des stocks, on a quand même volontiers élargi ces contingents toutes les fois que les renseignements recueillis sur les lieux de pêche indiquaient une abondance de stock.

Les statistiques de prises données au tableau 5 reflètent une évolution semblable à celle de certaines pêcheries de la côte atlantique. L'augmentation notable des débarquements qui débuta au cours des années 1950 a été suivie d'un déclin rapide des prises. Après une série de faibles classes annuelles, la pêcherie de hareng destinée à la fabrication de farine a été suspendue en 1967, parce qu'on croyait qu'il y avait surexploitation. On permit à l'industrie de recommencer à pêcher en 1971, à condition que les prises fussent utilisées comme aliment (Hourston 1972). Cette année-là, on a commencé à récolter la rogue de hareng.

Faisant la relation entre l'affaissement de la pêcherie du Pacifique et la pêcherie de hareng de l'Atlantique, on note que c'est la mobilité de la flottille de senneurs de hareng du Pacifique qui lui permit de se déplacer vers l'Atlantique, où elle

TABLEAU 5. Débarquements canadiens de hareng de la côte de la Colombie-Britannique (1910/11–1957/58 d'après Ricker et Larkin (1964), 1958–72 d'après la Revue statistique annuelle des pêches canadiennes, vol. 5).

Années	millions de livres
1910/11–1914/15	55
1915/16–1920	73
1921–1925	111
1926–1930	141
1931–1935/36	100
1936/37–1940/41	221
1941/42–1945/46	199
1946/47–1950/51	343
1951/52–1955/56[a]	336 (414)
1956/57	354
1957/58[b]	165
1958	405
1959	444
1960[b]	188
1961	448
1962	445
1963	572
1964	505
1965	444
1966	307
1967	117
1968	6
1969	4
1970	8
1971	22
1972	86

[a]L'effort de pêche a été très faible en 1952/53 par suite d'une dispute au sujet des prix. Le chiffre entre parenthèses est la moyenne des prises de 4 ans, à l'exclusion de 1952/53.

[b]L'effort de pêche a été faible en 1957/58 et en 1960 par suite d'une dispute au sujet des prix.

contribua à une expansion non contrôlée d'une pêcherie. On aurait dû reconnaître les phases classiques par lesquelles était passée la pêcherie de hareng du Pacifique et s'assurer que des événements semblables ne se produisent pas dans l'Atlantique.

Contrairement à celle du Pacifique, la pêcherie de l'Atlantique tendit vers un rendement maximal soutenu. Par ailleurs sur la côte de Pacifique, on accepte un certain degré de sous-utilisation en attendant que des surplus récoltables puissent être prédits avec plus de précision (Hourston 1972). Les stocks de harengs de la côte du Pacifique sont moins vulnérables à une exploitation par les pays étrangers que ne le sont les stocks de l'Atlantique; ils sont donc moins directement affectés par les négociations internationales. Les contingents actuels semblent être fixés à des niveaux de beaucoup inférieurs à ce que le stock peut produire sur base de cohortes individuelles. Les stocks peuvent donc être assez abondants pour attirer l'attention de flottilles étrangères au moment où ces stocks effectuent leur migration estivale d'alimentation vers le large. Les navires soviétiques capturent présentement une certaine quantité de hareng, et il est probable que si les stocks ne sont pas entièrement utilisés, le principe d'abstention en vigueur au sein de la Commission internationale des pêches du Pacifique-Nord pourraient ne pas être applicables aux navires japonais.

La rogue de hareng destinée au marché japonais a une haute valeur tant au débarquement qu'à la vente en gros. La réouverture d'une pêcherie pour la production de farine, contrôlée et soumise à une gestion flexible en vue de *mieux* utiliser le surplus récoltable, est une chose à considérer.

Shepard et Stevenson (1956) et Larkin et Ricker (1964) attirent l'attention sur l'effet des facteurs du milieu sur la survivance des larves. Les premiers auteurs affirment que de récentes études indiquent que les variations annuelles de conditions météorologiques et océanographiques ont un effet marqué sur la survivance des larves de hareng. D'après ces auteurs, il semblerait que l'action de ces facteurs naturels au début du cycle biologique a un effet plus marqué sur l'abondance des classes annuelles du hareng que le nombre de géniteurs qui échappent à la pêcherie. Il nous semble donc que la clef de l'établissement de contingents sur base de cohortes est le développement d'une méthodologie permettant de mesurer de façon plus précise le nombre de harengs au stade de prérecrue.

(*e*) *Crevettes* — On capture cinq espèces de crevettes à l'aide de chaluts à petites mailles sur des fonds de vase ou de sable et ce, sur une base commerciale, depuis environ 1900. De 1957 à 1970, les débarquements furent en moyenne d'environ 1.6 million de livres annuellement, mais diminuèrent à environ 0.8 million de livres en 1971–72. Le récent rapport du groupe de travail sur les poissons de fond du Pacifique laisse entendre que le rendement potentiel au large de la côte occidentale de l'île Vancouver serait d'environ 10 millions de livres, et que les stocks de petites et de grosses crevettes dans les détroits de la Reine-Charlotte et Hécate pourraient fournir jusqu'à 15 millions de livres annuellement. De récentes pêches d'exploration ont conduit à une récolte commerciale dans les deux régions, mais la pleine expansion dépendra du développement technique d'engins capables de pêcher sur des fonds accidentés.

3. Problèmes institutionnels et implications pour la recherche

Nous passons brièvement en revue ici quelques-uns des problèmes relatifs à la recherche sur la côte du Pacifique, nous les comparons avec ceux de la côte de l'Atlantique et soulignons la façon dont les institutions ont tendance à affecter les recherches qu'elles poursuivent.

La plupart des stocks du plateau continental de l'Atlantique sont sous l'égide de l'ICNAF, dont font partie les pays qui pêchent dans cette région. L'ICNAF n'a pas de personnel scientifique, et les études des diverses espèces de l'Atlantique sont effectuées par le personnel des pays membres de l'ICNAF. On s'entend sur une collaboration volontaire aux réunions de l'ICNAF. Dans le cas des thons, dont la répartition est très étendue, on procède de la même façon par l'intermédiaire de la Commission internationale de la conservation du thon de l'Atlantique.

Par contraste, plusieurs commissions de la côte du Pacifique, telles que la CIFP et la CIPSP, ont leur propre personnel de recherches, chacun avec une juridiction et des objectifs limités. Par contraste également, l'adhésion à certaines commissions du Pacifique n'est pas aussi générale. C'est ainsi que la Commission internationale des pêches du Pacifique-Nord n'inclut pas des pays qui y pratiquent une pêche importante, tels l'URSS et la Corée. Une disposition alternative quelconque remplacera probablement le conglomérat actuel d'ententes relatives aux pêches dans le Pacifique Nord (Needler 1973; Kasahara et Burke 1973). Dans ce cas, il est fort possible qu'une réorganisation affecte la recherche.

(*a*) *Hareng* — Les lacunes qui existent dans la recherche et l'information relatives au hareng du Pacifique et mentionnées par Hourston (1972) ressemblent à celles qui ont été rapportées plus haut pour le hareng de l'Atlantique. Hourston les énumère comme suit: statistiques de captures plus précises, échantillonnage plus étendu, mesure d'abondance

par des pêches expérimentales, surveillance continue de l'environnement, évaluation des conditions du marché, identification de stocks distincts, méthodologie améliorée de l'estimation du recrutement, estimation du stock reproducteur, rôle du hareng dans la chaîne alimentaire, recherche sur les répercussions sociologiques de changements dans les procédés de transformation, etc. La cartographie, le contrôle continu et l'élaboration de modèles applicables aux stocks de harengs des deux côtes ont donc des statuts relativement semblables.

(*b*) *Poissons de fond* — Pour ce qui est de la recherche sur les poissons de fond, les problèmes sont assez semblables sur les deux côtes. Pour la plupart des pêcheries de poissons de fond du Pacifique d'intérêt courant pour les Canadiens, le contrôle des prises et des débarquements peut, jusqu'à un certain point, être meilleur qu'en Atlantique, parce que ce sont surtout des navires canadiens et américains qui sont impliqués, et que la Commission des pêches du Pacifique-Nord (CPPN) constitue un forum qui favorise un échange de vues et d'information. Cependant, la CPPN est une commission américaine formée de cinq États et dans laquelle le Canada, techniquement parlant, n'a pas voix au chapitre. Pour ce qui est des pêcheries comme celles que les Soviétiques pratiquent, le Canada n'a pas accès aux données, à cause de l'absence d'institutions appropriées.

Au chapitre de la cartographie, le récent rapport du groupe de travail sur les poissons de fond laisse entendre que la plus sérieuse contrainte au développement du chalutage (autre que la commercialisation) est l'absence d'estimés raisonnablement précis des tailles et des rendements de la plupart des stocks de poissons de fond au large de la Colombie-Britannique, surtout dans la partie méridionale de la côte. Ces estimés ne sont en fait que des conjectures dégrossies.

Lors de nos discussions avec des représentants du gouvernement et de l'industrie de la côte du Pacifique, nous nous sommes rendus compte que même les cartes hydrographiques couvrant le talus de la côte occidentale de l'île Vancouver, les eaux profondes de la région des détroits de la Reine-Charlotte–Hécate et l'entrée Dixon n'étaient pas assez détaillées pour permettre le développement du chalutage.

Les recherches sur les stocks de poissons de fond de la Colombie-Britannique n'ont pas à régler des problèmes aussi cruciaux que ceux de la côte atlantique. Ceci ne veut pas dire que la cartographie, le contrôle continu et l'élaboration de modèles soient beaucoup plus avancés en Colombie-Britannique, mais plutôt que les stocks sont présentement mieux protégés par des zones de pêche canadiennes et ne sont pas soumis à des contraintes aussi lourdes.

Le Canada devrait peut-être collaborer à des recherches sur les stocks de merlus, car cette espèce, semble-t-il, traverse deux zones économiques considérées comme établies. L'envergure d'une telle opération de recherche, de même que l'absence d'intérêt commercial à l'endroit de cette espèce par les Canadiens, posent des problèmes délicats.

(*c*) *Flétan* — Parmi les poissons de fond, la nature spécialisée de la pêcherie de flétan la sépare des autres sous bien des aspects et lui vaut un traitement à part. Selon Skud (1973), le rôle des facteurs naturels, des variations et des tendances dans l'abondance des classes annuelles depuis 1960 n'a pas été évalué. On comprend mal les fluctuations du recrutement. On a grand besoin de surveiller de façon continue et d'évaluer les captures de flétan par les chalutiers. Il faudra également intensifier le travail de cartographie indiquant les endroits et les périodes où ces captures par les chalutiers se font, de façon à pouvoir imposer des restrictions par saison et par région. Skud (1973) affirme que l'exploitation « simple » des années passées n'existe plus. On pourrait probablement élaborer des modèles définissant avec plus de précision le type de pêcherie qui l'a remplacée.

(*d*) *Saumon* — Si l'on interdit la capture des saumons anadromes dans les eaux internationales, on mettra probablement l'accent sur le rehaussement des stocks de saumons, comme l'indique Larkin (1964). On semble avoir fait suffisamment de recherches pour pouvoir marcher dans ce sens. Il se pose des problèmes imprévus qui devront être étudiés, mais ce n'est que par des essais de rehaussement que ces problèmes pourront être identifiés et que les priorités pourront être établies. Il est peu probable que la productivité marine soit un facteur limitatif, au cas où les montaisons de saumon augmentaient de façon significative. Il est possible que les programmes de rehaussement aient des effets inopportuns sur les stocks indigènes moins abondants. K. H. Loftus est présentement engagé dans une étude complémentaire des recherches requises par le rehaussement des stocks de saumon.

Si le Canada ne réussit pas à faire accepter son point de vue sur le saumon lors des négociations internationales, il est probable que la recherche prenne une autre orientation. Au cas où l'on adopte une réglementation comportant la fermeture de régions de pêche, on aura besoin de connaître de façon précise la répartition en haute mer des montaisons des différentes espèces. Ceci sera probablement accompagné de recherches sur des aspects tels que les caractères génétiques et les méthodes à adopter pour rendre dominantes les montaisons désirables.

Les efforts courants en vue de limiter la pêche du saumon, par émission de permis et politique de rachat, devraient être évalués par des recherches sur les effets économiques et sociologiques de cette politique à mesure qu'elle est mise en application. Dans notre perspective globale, le « régime de propriété commune–accès libre–consentement volontaire » doit être remplacé par une alternative pratique quelconque. C'est pourquoi nous attachons une grande importance à des recherches et à une expérimentation plus poussées dans ce domaine.

4. Après 1974

Sur une scène rapidement changeante, il est impossible de prédire en détail ce que sera l'avenir au-delà d'une couple d'années. Cependant, on est à prendre des décisions qui permettent de discerner certaines tendances dans la gestion des pêches de demain (voir section C). De plus, l'absence de décisions ou encore certaines dispositions prises à l'improviste créent des précédents ou des contraintes qui affecteront l'action future. En plus d'analyser ces tendances et décisions fondamentales, nous pouvons comparer, par exemple, l'Atlantique Nord-Ouest avec d'autres régions où les pêches sont plus développées, ce qui permettra de mieux percevoir les tendances futures.

Ce qui suit est un exposé des problèmes immédiats majeurs, tels que nous les percevons à la fin de 1974. Ces problèmes sont décrits avec la côte est du Canada à l'esprit, mais ils s'appliquent également, avec quelques modifications, à la côte de l'ouest.

(*a*) *Réalités changeantes* — Si l'on en juge par divers rapports, la Conférence sur le droit de la mer de 1974 à Caracas a semblé favoriser un prolongement de la juridiction des états côtiers en direction d'une zone économique. Cependant, afin de faire accepter ce principe par les pays éloignés des océans, une condition a paru impliquer un principe de pleine utilisation, en vertu duquel des pays étrangers pourraient exploiter le surplus des stocks, une fois satisfaits les besoins des états côtiers.

Au cas où l'on n'arrivait pas à un consensus à la Conférence sur le droit de la mer, le Canada entreprendrait probablement des négociations bilatérales en vue d'obtenir un plus grand contrôle de ses pêches sur le plateau continental, ou pourrait même considérer une action unilatérale.

L'augmentation des prix du pétrole par l'organisation des pays producteurs eut comme résultat d'augmenter considérablement les coûts de l'énergie requise pour pratiquer la pêche sur le plateau continental.

Il est de plus en plus difficile de recruter des équipages compétents. Le déclin des prises par unité d'effort et le niveau de revenu comparativement faible qui en découle rend le métier de marin pêcheur moins attrayant qu'un emploi à terre. De plus, les équipages ne voient pas d'un très bon oeil des campagnes dont la durée va sans cesse en augmentant.

Devant une concurrence croissante les vieux bateaux, moins efficaces, deviennent rapidement désuets.

L'inflation fait monter en flèche le coût de l'équipement et du capital.

Nous passons en revue les implications possibles de tous ces facteurs, en vue de clarifier ce qu'on peut attendre des scientifiques.

(*b*) *Pleine utilisation* — Le concept de pleine utilisation mérite d'être analysé plus en détail. Exprimée simplement, « pleine utilisation » peut être considérée comme la somme des rendements maximums soutenus de tous les stocks, estimés séparément. On pourrait facilement proposer des définitions plus complexes et plus réalistes, mais on pourrait difficilement les rendre opérationnelles. Nous supposons ici un concept relativement peu raffiné, selon lequel la « pleine utilisation » est une simple fonction arithmétique des PTA telles que couramment estimées dans la région de l'ICNAF.

La pleine utilisation pourrait taxer à la limite les ressources halieutiques. On s'attendrait alors à un affaissement de plus en plus fréquent des espèces et des stocks. La figure 6 illustre bien l'affaissement de la pêcherie de hareng du nord-est de l'arctique et sa présente dépendance sur le capelan, qui pourrait fort bien être encore moins stable que le hareng une fois soumis à l'exploitation par la pêche.

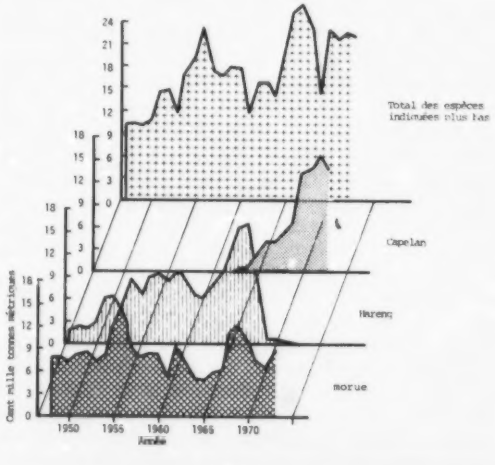


FIG. 6. Débarquements d'espèces choisies et prises totales dans le NE de l'Arctique. Les données d'avant 1955 n'incluent pas les débarquements soviétiques.

La pleine utilisation pourrait imposer une contrainte à la morue, une espèce dominante par tout l'Atlantique Nord-Ouest, au point que seule la classe annuelle courante contribuerait de façon substantielle à la pêcherie. Dans le nord-est de l'Arctique (fig. 6) d'importantes fluctuations dans les prises de morue semblent directement liées au recrutement et au redéploiement de l'effort (ICES Cooperative Report No. 37).

Il est possible que la pleine utilisation réduise davantage les prises par unité d'effort, au moins celles des stocks que les Canadiens considèrent maintenant comme ayant le plus de valeur. Sûrement, ceci semble être le cas pour la mer du Nord et le nord-est de l'Arctique, où les prises par unité d'effort de vaisseaux de tonnage semblable semblent plus faibles que dans l'Atlantique Nord-Ouest. Il nous faut souligner que dans la mer du Nord les prises de poissons de fond par unité d'effort se sont considérablement améliorées par rapport à celles des époques antérieures, résultat, semble-t-il, d'un recrutement considérablement accru d'aiglefins, de morues, de poissons plats, etc. et d'une diminution de l'effort de pêche à un niveau plus bas que celui d'avant-guerre.

La pleine utilisation peut entraîner un développement plus poussé de pêcheries de petites espèces telles que le capelan et le merlu. Si ce développement cause la capture forfuite de jeunes poissons d'espèces plus grandes, ceci peut conduire à la perte de formes plus désirables, comme ceci semble être le cas dans le lac Érié (Regier et Hartman 1973). Des exemples courants dans l'Atlantique Nord-Ouest sont les pertes subies par les pêcheries d'aiglefin dans plusieurs sous-régions et de limande à queue jaune dans la sous-région 5.

La pleine utilisation peut fort bien accroître la concurrence pour des stocks limités. Les connaissances acquises jusqu'ici ne nous permettent pas de prévoir des augmentations importantes de la biomasse totale ou de la production écologique de poisson, à la suite de la phase initiale d'une exploitation intense (Regier 1972, 1973a). Les efforts qu'on fait présentement sur le banc Georges en vue de réduire les prises totales visent à récupérer les pertes de productivité passées d'espèces préférées, causées par une surexploitation.

L'analyse qui précède suppose qu'un régime de pleine utilisation sera instauré sans modifier de façon importante le « régime de propriété commune–accès libre–consentement volontaire » présentement en vigueur. Nous analyserons à la Section C les possibilités de changement de ce régime. S'il se produisait des changements, le scénario de « pleine utilisation » esquissé plus haut deviendrait désuet.

(c) *Contrôle canadien* — Un contrôle plus grand, par le Canada, des pêcheries de son plateau continental ferait de l'allocation des prises un problème interne. De toute nécessité, le Canada devra prendre l'initiative à la fois des activités scientifiques et des négociations. Les régions à l'intérieur du Canada participeront, de façon plus explicite, au processus général.

La gérance devra s'élargir et se faire plus flexible et plus sensible. Les analyses scientifiques devront inclure l'apport de sociologues, de spécialistes en économie politique, d'économistes, en plus des sciences orientées vers les ressources.

Un exemple d'un manque de compréhension, aggravée par une répugnance à prendre des décisions, est celui du sébaste dans le golfe Saint-Laurent. Les faits sont les suivants:

Les stocks présentement exploités sont de juridiction canadienne. Les débarquements ont été effectués presque exclusivement par les Canadiens. Le stock est confiné au golfe Saint-Laurent. Des techniques améliorées (chalutage entre deux eaux, chalutage contrôlé) permirent de faire des prises beaucoup plus grandes par unité d'effort, à commencer vers la fin de 1971. Les débarquements totaux ont augmenté notablement grâce à l'augmentation de l'effort canadien et à de plus grande prises par unité d'effort.

En février 1973, les membres de l'industrie canadienne et des gouvernements fédéral et provinciaux se réunirent en vue d'examiner la pêcherie de sébaste du golfe Saint-Laurent. Un scientifique de Saint-Jean, T.-N., informa les participants des points suivants:

cette pêcherie est alimentée par une ou deux classes annuelles successives;

l'augmentation des prises par unité d'effort et des prises totales n'est pas le résultat de la découverte de stocks nouveaux;

il y a un écart de plusieurs années entre les classes annuelles présentement exploitées et les recrues suivantes;

la prochaine classe annuelle à entrer dans la pêcherie est beaucoup plus petite que les classes présentement pêchées;

biologiquement parlant, il n'y a probablement ni avantage ni inconvénient particulier au calendrier actuel des récoltes annuelles de sébaste — le raisonnement étant que les stocks reproducteurs semblent relativement grands, que la croissance du sébaste a ralenti, mais que la mortalité naturelle est faible;

une continuation de la pêche au niveau actuel épuiserait rapidement les stocks.

Personne ne voulut « prendre le taureau par les cornes » et établir des contingents ou une gestion qui assureraient un rendement stable. L'industrie se mit alors à exploiter intensément les stocks. Comme résultat, les entrepôts frigorifiques se sont remplis de sébaste (ce qui incita le gouvernement à faire de la conserve de sébaste destinée à l'aide aux pays en

voie de développement), et les stocks se sont épuisés au point que, à l'automne 1974, les perspectives de pêche dans le golfe Saint-Laurent étaient considérées comme désastreuses par les pêcheurs aussi bien que par le gouvernement.

Si l'on fait la relation entre les événements mentionnés plus haut et le résultat probable de la Conférence sur le droit de la mer, il est évident que les décisions relatives à la gestion doivent se faire à partir d'une information et de recherches transdisciplinaires et, plus particulièrement, ne doivent pas se limiter à une évaluation simpliste des ressources. De plus, le fait d'acquérir des droits préférentiels de récolte ne résoudra pas automatiquement ni n'atténuera nécessairement les problèmes de la pêcherie. En fait, on aura probablement un plus grand besoin de connaissances approfondies et de contributions provenant de diverses sources. Entre autres, il faudra faire des recherches plus poussées sur la commercialisation, les possibilités socio-économiques, les répercussions politiques, de même que sur l'évaluation des ressources et sur les réponses écologiques.

(*d*) *Problèmes de l'environnement* — Des problèmes de diverses sortes deviendront probablement plus aigus dans un avenir rapproché et exigeront une gestion plus étendue, plus flexible et davantage basée sur l'expérimentation.

Les changements qui se produisent présentement et qui, selon toutes prévisions, continueront de se produire (Bryson 1974) dans l'environnement peuvent impliquer un refroidissement additionnel des eaux du large du Groenland et d'ailleurs. Ce phénomène a été suggéré comme raison de la diminution du recrutement de la morue à cet endroit. Dans ce cas, il est possible qu'il s'ensuive une diminution des grands stocks de morue au large de Terre-Neuve. Des espèces telles que l'aiglefin, le hareng, etc., des régions plus au sud peuvent également être influencées.

Les substances polluantes et contaminantes auront des répercussions accrues sur les ressources côtières, et l'accumulation, au large, des substances contaminantes transportées dans l'atmosphère est un sujet d'inquiétude. Il est peu probable que leurs effets écologiques soient au bénéfice des pêches (Regier 1973b).

Les détails esquissés plus haut, concernant ce à quoi on peut s'attendre si l'on permet aux pêches de marcher à l'aveuglette, débouchent sur des pronostics plutôt pessimistes. Par ailleurs, des problèmes encore plus grands se sont posés dernièrement et ont pu être envisagés d'une façon plus optimiste. Nous les étudierons à la Section C. Nous entrevoyons pour l'avenir une activité politique plus intense (Christy 1974) et un certain trauma à mesure que de nouvelles initiatives sont prises en vue d'empêcher les événements malheureux esquissés plus haut de s'empirer et en vue de permettre aux pêcheries de valeur de se rétablir quelque peu.

C. Perspectives de politique: Ce qu'en Pensent les penseurs

1. Développement d'un processus de planification

Nous présupposons qu'il existe au Canada une forme relativement rationnelle de planification et de prise de décision en ce qui concerne la recherche halieutique et les autres activités (voir MacKenzie 1974; Gibbons et Voyer 1974; Fox 1975). Alternativement, on peut supposer une action orientée vers la solution de crises continuelles, une méthode d'approche entièrement pragmatique par tâtonnements ou encore l'application de décrets ministériels arbitraires. Une planification explicite, croyons-nous, est nettement préférable à ces trois alternatives.

À partir d'un énoncé clair des *perceptions et buts nationaux* reconnus comme ayant l'appui de plusieurs, les planificateurs peuvent déduire les objectifs que l'on désire atteindre et proposer des programmes pour les réaliser. Alternativement, les planificateurs peuvent analyser les tendances politiques récentes, accordant une attention particulière à la fois aux *décisions contributoires* et *aux décisions non-contributoires fondamentales*, et deviner quelles en seront les conséquences, i.e. leurs *perspectives d'avenir*. On peut qualifier ces alternatives de méthodes d'approche de haut en bas et de bas en haut.

Dans une économie mixte, les initiatives majeures d'une importance et d'une envergure à peu près comparables aux politiques et décisions fondamentales des gouvernements nationaux et régionaux prennent souvent naissance au sein des grandes sociétés du secteur privé. Ceci rend nécessaire un mécanisme de planification latérale. Comme exemple, *les méthodes d'évaluation globale des répercussions* (parfois appelées « évaluation de la technologie », comme l'ont fait Gibbons et Voyer 1974) doivent servir à cette fin, mais elles sont encore à l'état embryonnaire.

Nous sommes d'avis qu'une planification rationnelle doive reconnaître et incorporer ces forces de haut en bas et de bas en haut, de même que les forces latérales. Une recherche scientifique qui veut régler les problèmes futurs doit être clairement pertinente à ces trois poussées majeures de planification.

2. Perceptions, buts et politiques

Dans leur analyse des objectifs des pêches aux États-Unis, Alverson et Paulik (1973) font la distinction entre les objectifs nationaux internes et externes. Les objectifs internes et externes, considérés séparément ou conjointement, des pêches au Canada font présentement l'objet d'une revue.

Dans son discours à la Conférence technique de la FAO sur la gestion et le développement des pêches tenue à Vancouver, le ministre de Pêches (Davis 1973) énonca ce que nous considérons comme des politiques et objectifs extérieurs. Ses énoncés sont les suivants, en termes que nous avons modifiés dans certains cas:

Captures cibles: Il y a des limites à la productivité des mers et un objectif réaliste est 100 millions de tonnes de ressources conventionnelles annuellement.

Bénéfices: Les ressources vivantes des mers du plateau continental devraient servir non seulement à nous-mêmes mais à tout le reste de l'humanité.

Aspects écologiques: Il nous faut non seulement utiliser au maximum les récoltes halieutiques, mais également nous assurer que l'on préserve pour toujours les espèces uniques qui les composent, leur diversité, leur pouvoir de récupération, en vérité leur grandeur; chaque espèce, dans sa propre région, a sa propre limite de prises, qui ne doit pas être dépassée sur une période prolongée; et, dans le cas où tout un océan est l'habitat naturel d'une espèce, la gestion de cette espèce devra se faire dans une perspective qui englobe tout l'océan.

Considérations économiques: Un rendement économique optimal soutenu, comme objectif, est préférable à un rendement maximal soutenu; on peut assurer aux pêcheurs individuels des revenus accrus en limitant le nombre de bateaux et de pêcheurs; enfin, les occasions ne manquent pas de revaloriser les pêches canadiennes.

Il y a lieu de croire que ces énoncés, développés davantage, ont été le fondement de la position canadienne à la Conférence sur le droit de la mer et devant diverses institutions bilatérales et multilatérales.

W. C. MacKenzie (données inédites) a passé en revue et analysé divers communiqués, officiels et non-gouvernementaux, en relation avec les pêches et en a extrait 10 objectifs qu'il a groupés sous les rubriques suivantes:

Harmonie du milieu: Conservation et revalorisation de la production récoltable des écosystèmes aquatiques (d'eau douce et de mer); compréhension et contrôle de l'interaction de la société humaine avec la biosphère; et développement, au sein de la société, d'une conscience écologique.

Bien-être matériel: Croissance continue des économies régionales; plus grands bénéfices assurés aux facteurs de production (capital, travail et entreprise) et juste distribution des profits; meilleures chances d'emploi (quantité et qualité); et stabilité économique (y compris commerce et questions monétaires).

Possibilités culturelles: Élargissement des possibilités de récréation et de développement personnel (y compris éducation, santé physique et mentale); maintien de la liberté et de la sécurité (minimum de perturbations sociales); et avancement de la paix et progrès internationaux (obligations nationales envers la communauté mondiale).

Poussant plus loin l'analyse, nous constatons qu'il y a chevauchement entre les énoncés de Davis (1973) et ceux de MacKenzie (données inédites). Si l'on compare l'énoncé de MacKenzie avec celui du gouvernement de l'Ontario en ce qui à trait aux objectifs des pêches (Ontario Ministry of Natural Resources 1970), on constate que les deux sont généralement d'accord.

En 1974–75, H. A. Regier fit partie d'un groupe international d'écologistes convoqué par L. M. Talbot du U.S. Council on Environmental Quality dans le but de formuler une série de principes visant à la conservation des ressources vivantes naturelles pour les générations présentes et futures (Anon. 1975; Douglas 1975). On y formula quatre principes:

1. L'écosystème devrait être maintenu dans un état tel que: a) la valeur des biens de consommation et de non-consommation puisse être maximisée sur une base continue; b) des options présentes et futures soient assurées; c) le risque de changements irréversibles ou d'effets adverses à long terme soit minimisé.

2. Les décisions de la gérance devraient inclure un facteur de sûreté tenant compte du fait que nos connaissances sont limitées et que les institutions sont imparfaites.

3. Des mesures visant à conserver la ressource vivante sauvage devraient être formulées et mises en application de façon à éviter le gaspillage des autres ressources.

4. La surveillance ou le contrôle continu, l'analyse et l'évaluation devraient précéder la planification et accompagner l'exploitation des ressources vivantes sauvages. Les résultats devraient être promptement mis à la disposition du public pour qu'il puisse en faire la critique.

Les scientifiques recommandèrent que la partie qui avait juridiction sur la ressource devait prendre les moyens pour atteindre ces objectifs.

Ce que nous avons dit plus haut (Section B) sur les pêches canadiennes atteste de la pertinence et de l'opportunité de cet énoncé de principes.

3. Perceptions et décisions fondamentales

À la Section A, nous avons soutenu que le défi des années 70 était cette transition entre la fin d'une

époque et le début d'une autre. Ceci s'applique aux questions de l'environnement et des ressources en général et dépasse donc les pêches. Nous nous attachons plus particulièrement ici aux décisions qui affectent la recherche scientifique en rapport avec les pêches et l'industrie primaire ou les usagers des pêches.

a) Il est généralement reconnu que *les ressources renouvelables sont limitées* et que les apports globaux ne peuvent facilement prendre de l'expansion par des moyens technologiques ingénieux et peu dispendieux (FAO 1974). On ne prête plus attention aux technologues optimistes qui avaient annoncé sur tous les toits la possibilité de retirer 1000 millions de tonnes de protéines de la mer ou l'imminence d'une « révolution verte ». On ne s'occupe pas non plus des sectaires qui menacent encore de châtiment éternel les scientifiques qui recommandent une limitation des naissances et qui voudraient plutôt que ces derniers, aveuglément et fidèlement, aident à nourrir les chers petits qu'il plaît à Dieu de créer. L'immense gaspillage des cultures occidentales industrialisées cause également des inquiétudes à l'échelle mondiale.

Les initiatives prises par le Canada à la conférence de 1972 de l'O.N.U. sur l'environnement humain, à la conférence de 1974 de l'O.N.U. sur la population mondiale, à la conférence de 1974 de la FAO sur l'alimentation, et à la Troisième conférence sur le droit de la mer, ainsi qu'en bien d'autres occasions, impliquent d'importantes responsabilités à l'endroit des ressources renouvelables. Au Canada, la capacité d'accumuler une réserve alimentaire s'épuise rapidement par suite de demandes nationales et internationales accrues. On sacrifie encore de vastes tranches de capacité de production à l'urbanisation, à l'accumulation des déchets, à la pollution, et à des pratiques irréfléchies de production, que tous reconnaissent comme indésirables mais qu'on poursuit quand même sans répit.

Au Canada, les grandes questions de justice et de partage internationaux ont suscité très peu d'intérêt scientifique. Les solutions démodées, qui se présentent sous forme de charités religieuses et humanitaires, vont à l'encontre de leurs propres objectifs, puisque ces groupes négligent généralement les aspects écologiques et autres des problèmes. (Il ne faudrait toutefois pas condamner ici certaines initiatives nouvelles et prometteuses.) Entretemps, on se nourrit avec prodigalité à même des ressources abondantes. On assure mal notre sécurité nationale et personnelle en ignorant les problèmes plus grands de la rareté mondiale des ressources.

Il est clair qu'une extension de souveraineté de gestion à toutes les mers de notre plateau continental nous amènera à coopérer plus étroitement avec les autres pays qui essaient de résoudre le noeud Gordien de la rareté de plus en plus grande des protéines animales dans le monde et du gaspillage croissant de protéines au Canada et dans les autres pays développés (Borgstrom 1974).

b) L'énoncé de Grotius sur *la liberté des mers*, en particulier sur l'accès libre aux pêcheries maritimes, n'est plus valide. La propriété de tous n'est la propriété de personne; au moment où la technologie et l'entreprise possèdent le pouvoir d'exploiter tous les stocks, il faut établir de puissants mécanismes de réglementation ou d'allocation en vue de prévenir la surexploitation. Le gouvernement canadien s'est en effet engagé à résoudre le problème de « propriété commune-accès libre » (Davis 1973). Les progrès sont lents.

Avec l'établissement d'une réglementation efficace des pêches, les demandes pour une information scientifiquement respectable seront beaucoup plus nombreuses. Dans un régime de propriété commune-accès libre, le rôle pratique de la science ne dépasse pas beaucoup celui de la reconnaissance et de l'évaluation des ressources, qui est à l'avant-garde du processus d'expansion et de « développements » plus poussés.

Des activités telles que la détermination de la grandeur minimale des mailles, des tailles légales minimales, des saisons permises, des régions interdites, etc., sont inefficaces, prises individuellement ou en groupe, si le régime en est fondamentalement un de propriété commune-accès libre. Si, en plus de ça, « consentement volontaire » signifie une acceptation unanime de recommandations qui auront probablement des effets désagréables à brève échéance, les demandes d'information deviennent alors excessives. Le processus conventionnel requiert beaucoup d'information, mais laisse peu de latitude à une action efficace. Les scientifiques le savent depuis longtemps. C'est pourquoi la « recherche halieutique pratique » a rarement retenu longtemps l'attention de scientifiques créateurs. Heureusement, pour l'industrie comme pour les scientifiques, ceci sera bientôt chose du passé.

c) Les motifs que le Canada a en vue en cherchant à *élargir sa souveraineté de gestion* pour inclure nos saumons anadromes là où ils peuvent s'aventurer, et les ressources des mers du plateau continental ou jusqu'à 200 milles des côtes là où le plateau continental est étroit, sont fondés en partie sur l'argument que nos activités dans les eaux intérieures et près des côtes affectent de façon significative les pêcheries hauturières (Haig-Brown 1974). Justement parce qu'il nous faut faire des sacrifices à terre afin de ne pas nuire aux pêcheries du large, nous avons des droits spéciaux qui ne peuvent être garantis que par l'obtention de la souveraineté sur la gestion. Par ailleurs, si un pays côtier veut conserver sa crédibilité, il devra éventuellement préciser la nature des sacrifices qu'il doit s'imposer dans les eaux intérieures et près des côtes, et comment ces sacrifices

se rattachent à des profits et pertes dans les pêches hauturières.

Bien plus, il est généralement admis que le corps scientifique d'un pays, tout comme son corps diplomatique ou ses cadres de gestion, doive être d'un haut calibre s'il lui faut contribuer efficacement à la solution de problèmes complexes. Ce rôle de premier plan, présentement rempli conjointement par plusieurs pays, en viendra probablement à retomber plus carrément sur l'état côtier.

Que ce soit du point de vue de l'avantage national, de l'administration transnationale ou d'une synthèse des deux, le corps scientifique canadien devra être développé de façon à pouvoir se comparer favorablement à celui d'autres pays sur la scène internationale. Sous ce rapport, le défi est de taille.

d) Un système complexe d'*allocations*, utilisant des contingents fondés sur un estimé biologique des prises totales permissibles (PTA), a été récemment introduit à l'ICNAF (voir Section B). Le Canada est de plus en plus intéressé à des allocations précises qui, éventuellement, toucheront des entreprises particulières de pêche. Une telle politique aurait pour avantage de simplifier considérablement les programmes de rationalisation, i.e. la réalisation d'une efficacité économique (MacKenzie 1973). Des groupes municipaux, provinciaux et régionaux devront prendre part à un tel processus.

e) Les propriétaires d'une ressource s'attendent généralement à en retirer certains bénéfices, sous forme de *loyer de la ressource*. Nous sommes au point où l'on doit s'attendre que l'usager direct de la ressource paie un loyer et que celui qui en abuse, directement ou indirectement, soit pénalisé pour les dommages causés. Au Canada, les usagers directs des ressources halieutiques ont, bien souvent, été subventionnés. Ceci peut être considéré comme « monnaie de semence », redistribution de la richesse pour corriger les disparités régionales résultant d'autres politiques nationales, ou encore comme conséquence de la petite politique, etc. Quelles qu'aient été les injustices du passé, il existe un intérêt croissant à l'endroit d'un loyer de ressources, du moins celui des ressources halieutiques les plus importantes et les plus lucratives. Du point de vue international, on se demande qui défraiera les coûts de la recherche et de la gestion là où des flottilles multinationales utilisent des ressources dont la gestion relève de l'état côtier. Il est également possible que le loyer net provenant des ressources des mers du plateau continental soit versé à un fonds entièrement international.

La limitation des permis de pêche ou le contrôle des entrées, couplés à une allocation explicite des ressources, peuvent fort bien être un moyen efficace de résoudre le problème de propriété commune-accès libre et de récupérer un loyer pour les ressources sous forme de taxes, royautés, etc.

Avec l'établissement d'un nouveau régime, les entreprises de pêche, privées ou publiques, et les responsables de la gestion, reconnaîtront peut-être l'importance d'une information scientifique pertinente. La participation des scientifiques ne sera plus limitée à des questions périphériques telles que grandeur des mailles, saisons, etc. Leur rôle sera plutôt d'aider à découvrir des règlements et des techniques de pêche appropriés en vue de maximiser les montants perçus comme loyers des ressources ou d'atteindre quelque autre objectif.

f) La *révolution écologique* ou de l'environnement est complémentaire à la question des ressources renouvelables envisagée d'un point de vue socio-économique. C'est dans un environnement naturel que les ressources se renouvellent. On peut considérer l'environnement comme une « ressource » en ceci qu'il reçoit, et rend inactifs ou régénère les quantités de déchets dont il faut se débarrasser.

Les inquiétudes concernant la pureté de l'habitat, la productivité des ressources vivantes, de même qu'une sympathie à l'endroit de certains taxons tels que les jeunes phoques et les baleines, s'ajoutent aux autres forces de la société et s'incorporent dans les cadres d'institutions nouvelles. Ces forces ont été en partie dirigées par des scientifiques. Les groupes d'intérêt comptent beaucoup sur une science bien équilibrée. Ils exigeront que les problèmes majeurs soient examinés dans des contextes politique et technique beaucoup plus ouverts que par le passé.

Une partie du loyer de la ressource qu'un pays essaie de récupérer d'un système écologique naturel peut fort bien se présenter seulement sous forme de satisfaction esthétique, émotionnelle ou morale. Face aux populations croissantes et aux pressions accrues sur la ressource, des problèmes de ce genre ne peuvent que devenir plus complexes si on les laisse se développer au hasard.

g) À l'échelle nationale, nous commençons à agir en vue de *contrebalancer les manifestations extrêmes de l'urbanisation* qui fait que quatre ou cinq régions urbaines croissent à des rythmes insensés. C'est de là que provient l'intérêt à l'endroit de communautés viables, allant de petites à modérées, de trains de vie différents, d'entreprises à forte main-d'oeuvre, d'industries de service, et de petits établissements (Macpherson 1972). Les politiques de rationalisation économique devront prouver qu'elles ne contribueront pas davantage à une urbanisation indésirable.

De toute évidence, il existe un besoin de recherches par les spécialistes des sciences politiques sur les infrastructures et les politiques institutionnelles. Les sociologues, les géographes et les spécialistes des disciplines plus communément associées aux pêches — économistes, ingénieurs, biologistes des pêches — devront travailler avec les spécialistes

des sciences politiques dans des contextes transdisciplinaires. Maintenant qu'il existe au Canada des compétences scientifiques au niveau régional, il serait inexcusable de s'aventurer dans ce processus de redirection par tâtonnements ou par décrets administratifs dispensés au compte-gouttes par des hommes politiques souvent en compétition les uns avec les autres.

h) À mesure que notre trame sociale se complique, des demandes pour *une planification précise* se font entendre et, jusqu'à un certain point, sont écoutées. Ces demandes proviennent de l'industrie, du gouvernement et de diverses institutions: elles sont loin d'être simplement un passe-temps de bureaucrates qui cherchent à améliorer leur sécurité personnelle. Un moyen de vérifier l'efficacité de la planification est de s'assurer si oui ou non on a identifié et analysé en détail des alternatives valables pour remplacer le statu quo.

À l'époque où les régimes de propriété commune–accès libre–consentement volontaire dominaient, on prétendait que les libertés ne devaient pas être entravées, à moins d'avoir des preuves scientifiques suffisamment fortes pour rallier même les partis les plus fortement opposés. Avec le remplacement graduel des politiques antérieures par celles de l'octroi de permis de pêche, accès limité, contingents et gestion expérimentale, on aura besoin d'une information scientifique en vue d'une action directe, par opposition au rôle plus limité de réaction indirecte du passé.

On a souvent affirmé que des protocoles efficaces de réglementation peuvent être établis sur base semi-expérimentale ne requérant pas une pleine compréhension scientifique. Ceci est bien vrai. D'autre part, de soi-disant méthodes d'approche expérimentales, qui ne sont pas beaucoup plus que des tâtonnements dépourvues de planification et d'évaluation, produiraient encore bien du gaspillage et de l'inefficacité.

Ce changement fondamental de l'approche au développement et à la gestion n'exige pas moins de science, mais fait plutôt appel à un type de science approprié à cette nouvelle façon de faire les choses. Les responsabilités d'une science fondamentale augmentent et s'intensifient, et l'information devient essentielle au processus de décision, plutôt qu'une contrainte périphérique inefficace, comme c'était le cas dans le passé.

i) On semble s'engager au Canada de plus en plus envers une « *grande science* » *interdisciplinaire, efficace en rapport avec les coûts.*

La science et la technologie sont devenues, de leur propre chef, le centre de débats politiques intenses, tant au Canada qu'ailleurs. On a fait diverses études sous les auspices du Conseil des sciences du Canada, dont plusieurs se rapportent aux problèmes des pêches. La modification apportée au rôle de l'Office des recherches sur les pêcheries n'est qu'un parmi plusieurs changements de politique.

Si l'on se propose de planifier d'une façon rationnelle les sciences et la technologie au Canada, il faudra plaider la cause des sciences halieutiques en terme explicites devant un forum où d'autres groupes se feront également entendre. Chose certaine, le syndrome de « professeur royal » (Hayes 1973) sera reçu plutôt froidement lors de l'établissement des budgets pour la recherche, et seuls les projets de recherches bien étayés seront financés. Les arguments en faveur d'études particulières devront être présentés de façon claire et intelligente aux cadres supérieurs et autres qui ne sont pas entièrement familiers avec les concepts théoriques et les détails. Ceci, en soi, exigera des talents qui n'étaient pas nécessaires au Canada jusqu'ici, du moins au sein de l'organisation scientifique gouvernementale.

j) La *planification de la recherche, la programmation, et les méthodes de financement* dans le domaine des ressources halieutiques du Canada sont présentement dans un état chaotique. Une institution nationale de recherches, l'Office des recherches sur les pêcheries, possédant un réseau de laboratoires et ayant des fonctions subventionnaires, était, en dépit de ses limitations, reconnu pour son excellence dans le monde entier; on l'a démembré et les morceaux n'ont pas encore été rassemblés en un organisme alternatif viable. Plusieurs scientifiques principaux, de réputation mondiale, ont pris leur retraite récemment, et le procédé de relève est demeuré jusqu'ici sans planification. Entretemps, un programme de subventions aux universités a été transformé en un processus en vertu duquel on s'attend que les scientifiques des universités jouent le rôle d'associés en second de scientifiques plus jeunes qu'eux au service du gouvernement fédéral. Il faut ajouter à ceci une politique gouvernementale d'impartition qui vise à encourager l'entreprise privée à entrer dans les domaines de la science et de la technologie sur base contractuelle, dans l'espoir que la science sera ainsi plus efficacement traduite en technologie. Une science produite sous contrat par l'entreprise privée ne peut, de toute évidence, être de première classe dès ses débuts, bien qu'elle puisse être utile (Meyboom 1974). C'est ainsi qu'en un temps où il a un besoin pressant d'une science efficace pour ses ressources halieutiques, le Canada se trouve dépourvu d'une structure institutionnelle appropriée pour stimuler, guider et réaliser une réussite scientifique.

k) Assez clairement, les méthodes scientifiques partagées par tous les pays du monde sont en voie d'être mobilisées partiellement pour retarder une confrontation par la force. Ceci réussira en autant que les scientifiques seront *techniquement compétents et objectifs.* Il nous faut donner une considération spéciale à la dernière stipulation.

En ce qui concerne les ressources renouvelables et l'environnement, on en est à créer rapidement des institutions à divers niveaux, peut-être d'une façon plutôt opportuniste jusqu'ici, et on les met à l'épreuve. Le temps est passé où quelques bureaucrates supérieurs, homme politiques, industriels et pêcheurs pouvaient prendre des décisions majeures, sans bruit, simplement sur la base d'opinions documentées qu'ils partageaient entre eux. Le procédé est beaucoup plus compliqué. Comme on peut s'y attendre, chaque intérêt ou groupe principal impliqué dans la planification et dans la prise de décision voudra s'assurer une aide scientifique pertinente à ses objectifs.

Même dans des conditions de quasi-liberté totale, l'objectivité scientifique est un idéal difficile à atteindre (Mumford 1970). Cet idéal, tout au plus, demeure lointain dans le cas où les chercheurs doivent offrir des conseils scientifiques à leurs supérieurs personnels qui ont également des responsabilités à court terme et doivent prendre des décisions politiques et pratiques. Dans de telles circonstances, la sécurité personnelle de l'emploi l'emporte souvent sur la poursuite d'une science objective. Pour terminer cette section sur les perspectives politiques, on peut résumer comme suit ce qui a été exposé plus haut. Diverses décisions et tendances fondamentales ont conduit les Canadiens à considérer les pêches du plateau continental comme beaucoup plus importante qu'auparavant. Ceci s'est produit au moment où les gouvernements canadiens sont en train d'expérimenter sérieusement avec une planification rationnelle de politiques et de programmes. Un des domaines qui a reçu beaucoup d'attention est la nouvelle méthode de planification en science et en technologie. L'effet principal, jusqu'ici, a été que des institutions qui étaient en place au cours des années 1960 et qui étaient chargées de la recherche scientifique pour le domaine des pêches, ont perdu leur efficacité, tandis que de nouvelles institutions ne sont pas encore en place. Si l'on continue d'aller ainsi à la dérive, on risque un affaissement total des sciences halieutiques au Canada.

D. Cadre pour une science halieutique de demain

Plusieurs analyses ont été publiées récemment sur les besoins en recherches en pêcheries; au Canada, ont peut mentionner les travaux de Pimlott et al. (1971), Larkin et al. (1970), Stewart et Dickie (1971), et autres. Nos propositions, croyons-nous, sont généralement en accord avec celles de ces auteurs. Nous espérons avoir contribué quelque peu à les développer, à les clarifier et à les justifier.

Les propositions mises de l'avant par le Canada dans le domaine des recherches halieutiques ne contredisent pas non plus celles de la plupart des autres groupes dans le monde, si nous comprenons bien ces propositions. Par exemple, nous avons comparé nos points de vue avec plusieurs travaux présentés à la conférence technique de 1973 de la FAO sur la gestion et le développement des pêches (Ricker et Weeks 1973).

La tradition établie en relation avec les événements en mer du Nord au cours des années 1950 a acquis une position dominante à la FAO, avec le résultat que des manuels techniques qui auraient été particulièrement applicables à la mer du Nord à cette époque ont été préparés et distribués dans le monde entier. On a semblé admettre tacitement que ce qui était bon pour la mer du Nord était également bon pour le monde. Jusqu'à un certain point, l'hypothèse était valide. Les initiateurs de ce programme à la FAO ont depuis longtemps reconnu ses limitations et ont pris de nouvelles directions (Kesteven 1972). De plus, des officiers de la FAO comme J. Marr (1973), M. Ruivo et J. A. Gulland ont stimulé une recherche visant à découvrir des solutions alternatives. Cependant, ce point de vue étroit est encore trop en évidence dans les rapports de comités (voir Lucas et al. 1974).

À la section précédente du présent travail, nous avons esquissé les décisions et les tendances fondamentales qui, d'après nous, sont particulièrement pertinentes pour les pêches du Canada. Quelques-unes seulement seraient applicables aux autres pays; par ailleurs, certaines autres politiques adoptées ailleurs n'intéresseraient pas les Canadiens. Nous n'avons donc pas l'illusion que le cadre décrit plus bas s'appliquera au monde entier.

En autant que la planification et le processus de prise de décision se feront en collaboration et de façon rationnelle au Canada, il est probable qu'on recevra des demandes précises pour une information scientifique fiable et objective, pertinente à chacun des problèmes de politique mentionnés à la Section C. Mettre sur pied des groupes séparés de recherches à long terme en vue d'étudier ces divers problèmes aboutirait à un manque sérieux d'efficacité. Ce serait un autre cas d'adhocracie. Bien sûr, quelques experts ou de petits groupes de travail pourraient avoir la responsabilité d'étudier ces problèmes jusqu'à ce qu'ils soient résolus. Mais en général, l'information et les méthodes (cartographie, contrôle continu, élaboration de modèles) s'appliquent à ces problèmes et peuvent être partagées en commun, pourvu qu'on mette en place des institutions compétentes pour la planification de la recherche et de la prise de décision. Il est surprenant de constater qu'on a accordé très peu d'attention scientifique à cette dernière condition, en ce qui a trait aux pêches.

1. Institutions-clients de la recherche scientifique

Nous croyons qu'il nous faille aborder la question de ce que seront les institutions futures. Les clients de la recherche, ceux qui se chargeront de l'application de l'information et des vues, se trouveront en grande partie dans les cadres d'institutions nouvelles. La recherche scientifique sera organisée d'une manière compatible avec les structures et les fonctions des institutions de planification et de prise de décision de demain.

Dans le cas d'une ressource d'importance sociale et/ou d'une aire géographique étendue, et/ou de problèmes d'importance majeure, les institutions de planification et de prise de décision ont tendance à s'organiser verticalement en des structures hiérarchiques et horizontalement en des organismes en concurrence ou se contre-balançant.

Nous continuons au risque de perdre notre crédibilité. Thompson et Eddy (1973) passent en revue les problèmes de juridiction relatifs à la gestion des ressources naturelles au Canada. Ils affirment que la complexité de la juridiction constitutionnelle sur ces ressources est hors de toute proportion avec leur importance économique. Ils citent les pêches comme exemple classique. Dans ce qui suit, nous supposons qu'une structure autre que celle qui existe présentement dans le domaine de nos pêches maritimes est déjà en voie de formation. Nous supposons de plus que cette structure, ou toute autre initiative, déclenchera sous peu une simplification et une réorganisation à l'intérieur de structures existantes déjà trop complexes.

On voit présentement apparaître trois niveaux de prise de décision relativement aux ressources vivantes renouvelables des mers avoisinant nos côtes. S'il se développait des niveaux supplémentaires, comme cela peut se produire localement, il faudrait que ce soit avec la reconnaissance tacite que les trois niveaux ont une signification primordiale.

a) Au niveau le plus général, un système quelconque de droit mondial est en voie de développement comme résultat de la Troisième conférence sur le droit de la mer. Si les populations du monde, agissant par l'intermédiaire des Nations Unies ou de quelque institution temporaire, décidaient que la rareté de protéines animales ou le risque d'un conflit majeur sont suffisamment grands, elles s'efforceront d'orienter les intérêts dominants d'une région dans une direction au plus grand bénéfice de tous. C'est ainsi par exemple que, même si le Canada prenait à sa charge la gestion des mers de son plateau continental, ce qui est probable, il devra rendre un compte strict, particulièrement en temps de crise, d'obligations découlant de principes généraux qui n'ont jamais été entièrement précisés. Une question importante sera sans doute le fait que toutes les régions océaniques produisent des protéines animales efficacement dans le contexte général d'une rareté mondiale.

Un deuxième sujet d'inquiétude pour les groupes intéressés à un océan ouvert est celui des stocks de baleines, de thons et autres, qui devront être administrés par des organismes appropriés. Ces animaux pénètrent dans les mers du plateau continental sur lequel différents pays ont une souveraineté de gestion, ou encore dans des eaux entièrement nationales. Il faudra donc coordonner le processus de prise de décision entre ces niveaux.

b) Avec une compréhension internationale plus grande, le Canada a l'intention de se prévaloir des droits que lui donne la souveraineté de gestion des mers du plateau continental au large de ses limites nationales. Au moins pour la prochaine décennie, ceci impliquera des négociations étroites avec les autres usagers de ces ressources. Au début, un organisme semblable à l'ICNAF continuera d'opérer sur notre côte de l'Atlantique. On formera probablement une autre organisation chargée de la multitude d'accords bilatéraux et multilatéraux sur notre côte du Pacifique (Needler 1973).

Il semble peu probable que le système de l'ICNAF, tel qu'établi en 1974 — prises totales admissibles (PTA) à même plusieurs stocks, contingents nationaux par région et par stock, etc. — continue bien longtemps. On ne tient pas compte adéquatement des interactions écologiques entre les espèces affectées par les protocoles et les priorités de pêche (Fukuda 1973), du problème des prises fortuites et des concepts d'efficacité de production de protéines (Eddie et Insull 1973). Toute méthode d'attaque plus poussée en alourdirait l'administration, même s'il était possible de poursuivre les recherches scientifiques nécessaires et de fournir efficacement les services. Mais cette dernière condition, par elle-même, ne peut être remplie directement (Regier 1972). Certains officiers supérieurs de la hiérarchie gouvernementale des pêches au Canada admettent que le personnel requis par le seul processus des négociations a pris des proportions exorbitantes.

De plus, un prolongement des méthodes d'approche courantes de l'ICNAF peut être sérieusement hors de phase avec les développements de l'industrie et du commerce mondiaux. Pour cette raison, Eddie et Insull (1973) suggèrent qu'à cause des tendances technologiques actuelles de la pêche et des industries alimentaires, il n'est peut-être pas nécessaire de s'occuper des stocks individuellement. Les développements mentionnés par Eddie et Insull sont l'aptitude à (1) capturer le poisson presque partout dans l'océan et à presque toute saison de l'année, et de livrer les prises au pays consommateur, quelque distant qu'il soit, dans une condition acceptable; et (2) fabriquer des produits acceptables à partir de

matière première jusqu'ici difficile à transformer en produits alimentaires standards, familiers et acceptables. Il est peu probable qu'une telle approche suscite l'intérêt de l'industrie canadienne des pêches et de mise en marché pour quelque temps à venir.

Les exigences du processus de prise de décision et de la recherche scientifique, et des services qui en découlent peuvent être fort différentes dans un régime établi pour maximiser ou optimiser les rendements en protéines homogènes comparativement à un régime établi pour optimiser les prises séparément à même trois ou quatre dizaines de stocks séparés. Eddie et Insull (1973) mentionnent quelques points en rapport avec leurs propositions, points qui méritent l'attention des scientifiques. De plus, ils suggèrent que les ressources dont dispose la recherche pourraient fort bien être détournées de l'étude des stocks de poissons vers le développement de produits protéiques acceptables à partir de ressources présentement peu excitantes et sous-utilisées! Cette dernière proposition présente un intérêt pour nous, bien que notre tournure d'esprit biaisée soit de nous objecter et de demander une réflexion approfondie; la recherche écologique est tout juste en voie de maturation et ne doit pas être abandonnée avant qu'elle ait eu la chance de démontrer son utilité.

Il serait prudent de noter que les méthodes d'approche présentement en vogue sur la côte de l'Atlantique — et peut-être aussi sur la côte du Pacifique, étant donné qu'elles s'accordent généralement avec les objectifs formulés (Davis 1973) — seront bientôt mises de côté (voir aussi Finkle 1974b). Nous avons proposé des solutions alternatives qu'on devrait étudier dès maintenant.

Ostrom et Ostrom (1971) affirment que les usagers individuels dans un système de propriété commune-accès libre fondé sur le « consentement volontaire » cherchent souvent à dissimuler les renseignements qu'ils possèdent. Si ce système désuet est remplacé par un autre plus applicable, il est probable que l'industrie collabore plus librement et produise des atlas détaillés et des données fiables.

Bien que la série continue de prises soit présentement maintenue à jour par l'ICNAF, sa fiabilité n'est pas uniforme. Il est généralement admis qu'à l'occasion, les prises ont dépassé de beaucoup les contingents de divers pays. Cependant, des prises plus grandes que les quotas sont rarement signalées. Plusieurs pays ne font pas rapport de grosses prises fortuites d'espèces comestibles et d'espèces transformées en farine. Certaines séries continues d'observations océanographiques ont été négligées et sont presque inaccessibles; d'autres le sont complètement à cause de considérations militaires.

On n'a pas encore développé de modèles pour incorporer les mécanismes de cause à effet dans les pêches maritimes. Lorsqu'il s'agit d'estimer le rendement maximal soutenu, on utilise des « modèles de réponse » très simples, fondés sur un stock unique. Ces modèles n'ont, à l'heure actuelle, pratiquement aucune utilité pour prédire d'une classe annuelle à l'autre. Ils peuvent cependant servir à prédire les prises permissibles, pourvu qu'on ait assez tôt un estimé direct de l'abondance de la cohorte (Regier 1974a). Des modèles plus réalistes, élaborés avec succès pour certains stocks de saumons du Pacifique soigneusement étudiés (Larkin 1970), ne peuvent être appliqués à plus d'un petit nombre de taxons, à cause du volume exorbitant de données qu'ils requièrent. On est en train d'adopter des méthodes alternatives à la fois pour les systèmes marins, e.g. W. H. Sutcliffe et al. (données inédites), et pour les pêches d'eau douce (Regier et Henderson 1973; Henderson et al. 1973; Ryder et al. 1974). Les systèmes marins et d'eau douce ne sont pas tellement différents dans leurs caractéristiques qu'il soit nécessaire de leur consacrer des méthodes et des institutions différentes.

L'élaboration de *modèles fonctionnels dynamiques* — parfois appelée « analyse systématique », bien que le terme doive être appliqué à un contexte plus étendu — est une méthode qui a été utilisée dans le cadre du programme biologique international par plusieurs groupes canadiens et autres groupes travaillant indépendamment (Chambers 1973). Présentement, certains groupes de l'Université de Washington appliquent ces méthodes à l'étude des pêches au large de la côte ouest de l'Amérique du Nord (L. J. Bledsoe, communication personnelle).

c) Le troisième niveau d'organismes gouvernementaux que nous identifions est celui qui se rapporte aux ressources à l'intérieur des frontières, lignes de fermeture, etc., sous notre juridiction. Dans ce cas-ci, certains pays étrangers peuvent avoir conclu des accords de pêche spéciaux, mais les problèmes majeurs découlent de la concurrence qui existe au Canada entre différentes régions, provinces, municipalités et groupes de pêcheurs vis-à-vis de ressources communes. De plus, il existe un danger de conflit majeur du fait que certaines ressources migratrices sont partagées entre des usagers qui opèrent strictement à l'intérieur des eaux canadiennes et d'autres qui pêchent dans les mers du plateau continental.

À ce niveau, les problèmes sont fort embrouillés dans les provinces de l'Atlantique. Les problèmes de juridiction sont vagues (Thompson et Eddy 1973), et les difficultés socio-économiques semblent immenses (Copes 1972; Macpherson 1972). Il est probable que ceci se compliquera davantage par la mise sur pied d'entreprises conjointes, par l'extension de l'industrie des pêches depuis la côte du Pacifique vers l'Atlantique et vice versa, et par l'avènement de corporations multinationales, etc.

Bien que la tâche soit immense, il faudra attaquer les problèmes intranationaux des pêches d'une manière beaucoup plus efficace et sans plus tarder.

On s'attendra que les Canadiens qui négocient avec les autres pays prennent en considération les intérêts spéciaux de divers groupes nationaux, y compris ceux des côtiers. On y arrivera en instituant un forum approprié, où les positions canadiennes seront présentées avec la participation de tous les intérêts régionaux majeurs, comme étape précédant les négociations internationales périodiques.

Aux fins que nous poursuivons ici, nous réaffirmons que tous les groupes qui participeront au forum intranational régional exigeront que l'on mette à leur disposition une information scientifique valable et pertinente.

Pour résumer dans une perspective géographique, les trois étages du processus de décision seront centrés sur des échelles géographiques différentes, quant au temps, au volume de ressources récoltées et finalement aux sortes de ressources. Par exemple, le processus pourra être axé, respectivement, sur l'océan mondial au niveau de l'Atlantique Nord, la mer du plateau continental au large des provinces canadiennes de l'Atlantique, et les eaux sur lesquelles le Canada a plein contrôle juridictionnel à l'intérieur de la région atlantique.

Quand on affirme que chacun de ces étages aura besoin de services et de recherches scientifiques pertinentes, on ne veut pas nécessairement dire que ces services devront être organisés et administrés tout à fait indépendamment les uns des autres. Les besoins spécifiques différeront quelque peu, et une certaine division du travail contribuera à augmenter l'efficacité générale.

2. Un système d'information scientifique équilibré

Quelles que soient la structure et les limites de responsabilité des institutions chargées de prendre les décisions, l'information scientifique devrait inclure des cartes (X_1), des séries monitrices continues (X_2), des modèles explicatifs (X_3) pour chacune des quatres variables: habitat (Y_1), ressources vivantes (Y_2), récoltes halieutiques (Y_3) et capacité de récolte (Y_4).

Au minimum, la matrice de 3X par 4Y peut servir de dispositif comptable en ceci qu'elle donne naissance à un noyau central de 12 classes d'information scientifique nécessaire en aucun cas. C'est ainsi que la classe X_1Y_1 comprendrait des cartes d'habitat, X_3Y_3 serait des modèles expliquant les récoltes halieutiques, et X_2Y_4 représenterait des séries de données relatives à l'industrie. On pourrait en aucun temps se demander quel est le statut courant du système, et il devrait toujours être facile de consulter la littérature, de consulter des experts et, de cette façon, déterminer ce statut.

Bien que la série des X — carte, moniteur, modèle — soit constante pour différents régimes de gestion, la définition des Y séparément — habitat, ressources, récoltes, et capacité de récolte — peut être assez différente. Considérons par exemple la suggestion d'Eddie et Insull (1973) qu'on consacre un effort scientifique et administratif moindre au contrôle continu et à la conservation des pêches locales, surtout dans le cas de stocks migrateurs et apparentés, et plus d'effort au problème de la quantité maximale de nourriture à retirer des océans. La façon dont une ressource individuelle peut être définie selon le point de vue d'Eddie et Insull serait conforme aux modèles écologiques proposés par Sutcliffe et al. (1974) ou Regier et Henderson (1973). Elle serait passablement différente de l'approche par stocks individuels présentement en usage à l'ICNAF. Il est évident que des approches alternatives méritent d'être étudiées davantage.

Il est surprenant que le volume considérable de données provenant d'études sur les cycles biologiques et de l'expérience des pêcheurs concernant la distribution et les migrations des divers stocks n'ait pas encore été groupé en un atlas.

De l'avis commun des experts qui ont étudié les pêches, il semble que tout effort concerté en vue de produire des simulations dynamiques conduise très efficacement à l'identification de ce que l'on connaît déjà, d'un point de vue causal. Cet effort a le grand mérite de forcer les membres d'un groupe d'énoncer clairement leurs postulats, information, hypothèses, etc. La simulation de première génération, une fois élaborée et éprouvée, ne pourra probablement pas contribuer beaucoup à des prédictions et aura relativement peu d'importance pratique dans l'immédiat. Mais il est probable que les efforts de troisième génération, qui seront disponibles dans une dizaine d'années, auront une utilité pratique qui fera plus que compenser les montants investis dans leur développement. Les efforts de deuxième génération incluent le programme de l'UNESCO sur l'homme et la biosphère dans lequel le Canada joue un rôle proéminent.

Du point de vue de la science en tant que science, le développement de modèles de quelque type que ce soit est un aspect essentiel de la stratégie générale. On a signalé que les « sciences halieutiques » étaient pauvres en théories ou en modèles explicatifs. Si cette affirmation est correcte, il nous faut admettre que notre science est encore une adolescente — qui a maintenant hâte d'atteindre la maturité.

Nous en concluons que l'« analyse systématique », définie en termes généraux et non pas limitée à la « simulation dynamique et à l'élaboration de modèles », a besoin d'un stimulant spécial dans plusieurs centres de recherches halieutiques au Canada. On devrait attaquer le problème au niveau de la *science des ressources*, plutôt qu'à celui, par exemple, des pêches maritimes locales. On est en train de développer des connaissances de ce genre au

sein de deux organismes internationaux dans lesquels le Canada est étroitement engagé: le Programme de l'UNESCO sur l'homme et la biosphère, et l'Institut international d'analyse systématique appliquée. De plus, le Comité consultatif de la FAO sur la recherche en ressources marines a mis sur pied un groupe de travail qui est à préparer un rapport sur le sujet.

3. Un contexte transdisciplinaire de prise de décision

La figure 7 illustre un contexte fondamental dans lequel des décisions pratiques peuvent être prises. On peut démontrer que ce concept est à la base d'importantes applications de la science au développement des ressources, à la gestion et à la conservation. Les deux axes servent à préciser des considérations quantitatives que les cadres de décision, songeant aux aspects économiques, étudient inévitablement aux premiers stades des délibérations. Ce contexte et ses implications ont été analysés plus en détail ailleurs (Regier 1973b, 1975). Nous ne mentionnerons donc ici que quelques aspects particuliers se rapportant au présent travail. Ce contexte s'applique également à la récolte des ressources et à la charge imposée à l'environnement par les déchets, mais seule la récolte des ressources présente un intérêt immédiat. Les noms qui apparaissent à la figure 7 sont ceux de scientifiques des pêches qui ont étudié des systèmes caractérisés par les coordonnées des points où leurs noms ont été inscrits. On peut consulter la liste de références si l'on veut connaître les groupes de poissons et les systèmes de ressources étudiés par ces chercheurs.

Depuis déjà plusieurs décennies, on discute de la question du rendement biologique maximal soutenu versus rendement économique soutenu. Il serait superflu de s'étendre sur tous les détails de cette polémique, surtout si des solutions alternatives ne sont encore que des abstractions. En un mot, les biologistes ont prétendu dans le passé que l'économie d'une pêcherie était, de toute façon, en dehors d'un contrôle rationel, et que, par conséquent, la seule action réaliste à prendre était de réglementer la pêche de façon à empêcher que la biomasse productive ne diminue au-dessous du niveau des rendements maximums. Les économistes y voient quelques espoirs de rationalité économique, et prétendent que l'effort de pêche devrait être intensifié seulement jusqu'au niveau de la biomasse correspondant à celui où une augmentation du rendement soutenu est à peu près égale au coût requis pour réaliser cette augmentation.

Exprimée en termes aussi simplistes, la polémique du maximum biologique versus optimum économique ne peut se régler de façon nette que pour les systèmes de ressources placés au coin inférieur droit de la figure 7. Les conditions nécessaires décrivent un cas

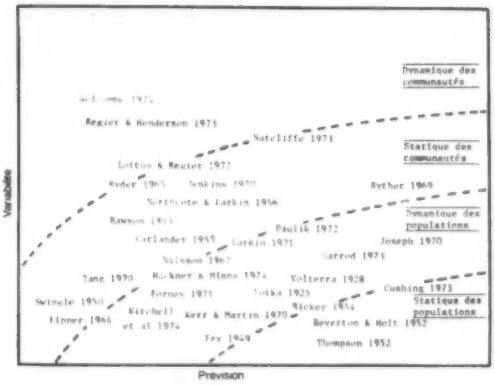


FIG. 7. Le niveau d'organisation écologique le plus approprié à une application directe à la recherche et à la gestion d'une pêcherie dépend de la prise ou de l'espoir de prise moyenne et de l'incertitude à prédire ou de la variabilité d'un ou plusieurs stocks constituant la ressource. Les deux axes sont logarithmiques et couvrent quelque 10 ordres de grandeur, jusqu'à 10^{10} kg/an. Chacune des quatre alternatives, esquissées ici à l'intention de la science écologique, a des contre-parties grossièrement conformes en économique et en sociologie. Différents mécanismes et règles de prise de décision ont évolué pour différentes parties dans ce domaine espoir × variabilité. À moins qu'on ne prenne des précautions spéciales, les pêcheries et autres contraintes, séparément ou conjointement, tendent à détruire écologiquement l'équilibre de la ressource et « poussent » le système de ressource vers le haut dans le domaine. Éventuellement, une méthode d'approche interdisciplinaire, très adéquate au début, pourra devenir désuète par suite d'un tel déséquilibre.

limitatif dans le monde réel — une abstraction, en vérité — de sorte que des arguments simples ne sont tout au plus qu'une approximation.

Nous avons décrit en détail ailleurs les diverses alternatives des stratégies de prise de décision et le type de sciences transdisciplinaires applicable à chacune (Regier 1975). Qu'il nous suffise de porter notre attention sur les quatre bornes de cet espace conceptuel: le bas, le haut, le côté droit et le côté gauche.

A gauche, les taxons de ressources individuels sont tellement petits que toute entreprise d'importance organisera ses activités autour d'un groupe de ressources, peut-être un groupe réagissant avec un autre groupe. Bien souvent, il ne vaudra pas la peine de consacrer des fonds à la production de cartes, au contrôle continu et à l'élaboration de modèles pour chaque ressource séparément, mais il sera préférable plutôt de les traiter comme groupe. A l'extrême droite, les stocks individuels sont traités comme tels par les scientifiques, l'industrie, les hommes politiques et le public.

Au bas, le risque ou une variabilité temporelle imprévisible dans ses détails est mince. Les entreprises, les communautés et les institutions peuvent mettre en place des structures et des procédures raffinées et complexes visant à maximiser ou à optimiser les profits. A part les problèmes de propriété commune–accès libre, de tels systèmes requerront probablement peu d'action gouvernementale directe sauf peut-être une limitation des pouvoirs des monopoles susceptibles de se développer.

En haut, le risque est très grand. L'« optimisation » à long terme peut dicter une stratégie à court terme en vue de minimiser le risque de perte maximale, i.e. banqueroute économique ou perte de vie. Le gouvernement peut s'efforcer avant tout d'empêcher les entrepreneurs de s'engager dans de folles aventures. Il pourrait aussi établir des systèmes d'assurance appropriés. Les pêches dans les plaines innondables, les deltas, les estuaires tropicaux, etc., se situent près du bord supérieur; le génie a tué certaines de ces pêcheries, du moins celles de poissons, en construisant des barrages et des digues.

Les pêches des mers du plateau continental de l'Atlantique et du Pacifique qui intéressent plus particulièrement le Canada ont tendance à entrer dans la moitié droite de la figure 7, quelque part près du centre de l'échelle verticale. Les pêches pélagiques sont généralement plus variables que les pêches démersales, avec quelques exceptions; par rapport à la moyenne calculée pour la communauté icthyologique, les systèmes benthiques côtiers tendent à varier davantage avec le temps que les communautés benthiques du large (Regier et Loftus 1972).

L'utilité particulière de la figure 7 est de nous faire réaliser que différents systèmes de ressources requerront différents types scientifiques de modèles transdisciplinaires. Un simple concept de rendement économique optimal soutenu est à peine plus pertinent à la plupart des situations réelles que ne l'est le rendement biologique maximal soutenu. La « pleine utilisation », conçue comme simple sommation du rendement maximal soutenu estimé séparément pour tous les stocks récoltables, est une simplification grossière au point d'impliquer une conception erronée. Il existe des approches et des concepts alternatifs — on est en train d'en vérifier quelques-uns ici et là dans les pêches (voir références dans la fig. 7) — et il est probable que tout stimulant à développer ces concepts davantage et à les appliquer en pratique entraînerait un progrès rapide.

4. Implications de la politique de paiement par l'usager

On ne sent pas le besoin d'évaluer les effets, individuels ou conjoints, que les divers usages et usagers produisent sur le système ressource–habitat, aussi longtemps que la propriété commune est utilisée à des niveaux tellement bas que les interactions négatives entre les divers usages sont faibles, que tous les peuples ont égal accès à la ressource et que la concurrence ne produit pas de graves inconvénients. Mais tout cela change quand il y a fortes interactions négatives, surtout si l'on décide que l'usager paie pour la part qu'il retire du système de propriété commune ou pour les dommages qu'il lui cause.

Les récentes méthodes d'approche à la politique que l'usager soit soumis à des sanctions ou paie un loyer pour la ressource ont été plutôt primitives, e.g. évaluation des répercussions sur l'environnement (Banfield 1973; Goodwin 1974) et montants perçus des pêcheurs de saumon pour leur permis de pêche (Campbell 1973). Comme on peut s'y attendre, tout le processus deviendra plus raffiné et plus efficace, sans pour cela être nécessairement plus coûteux (Regier et al. 1974).

Pour ce qui est des pêches maritimes canadiennes, les effets écologiques ou autres causés, séparément ou conjointement par plusieurs initiatives d'envergure devront être compris beaucoup mieux qu'ils ne le sont aujourd'hui. Les avantages et les désavantages possibles sont d'un tel ordre de grandeur que les gouvernements et les grandes sociétés refuseront tout simplement de marcher en l'absence d'information fiable. La façon dont le projet hydro-électrique de la baie James a été mis en branle (Rosenberg 1974) peut fort bien être un des derniers — bien qu'un des plus spectaculaires — exemples de décisions majeures prises par décret politique sans considération appréciable des nombreux aspects sociaux, écologiques et économiques de l'entreprise.

On peut énumérer dans leurs grandes lignes quelques facteurs susceptibles d'influencer les pêches des mers du plateau continental au cours des prochaines décennies; l'industrie des pêches elle-même; l'exploration et la production pétrolières; le régime de ruissellement des terres; les changements climatiques et océanographiques; la dégradation des estuaires et de l'habitat côtier par pollution et restructuration des rives; et la pollution par les substances transportées à de grandes distances par l'atmosphère.

La politique à l'effet que l'usager doive payer a des implications sur la recherche scientifique, en autant que les divers effets de ces facteurs devront être compris et mesurés. On peut aborder ces questions de diverses façons, et il faudra considérer les aspects pratiques du contexte institutionnel dans lequel les charges imposées à l'usager seront probablement évaluées, avant de poursuivre plus avant une recherche dispendieuse. Mais on devra agir rapidement.

Un problème semblable se pose dans les pêches elles-mêmes. Quels sont les avantages et désavantages, directs et indirects, des activités des pêcheurs dont la cible est le merlu argenté comparativement à celles des pêcheurs qui visent l'aiglefin? Ou encore, comment la récolte de centaines de millions de tonnes de capelan influencera-t-elle la pêcherie de morue et la chasse des baleines et des phoques? En l'absence de tels renseignements chez les autres négociateurs, un groupe d'intérêt bien informé pourrait probablement changer une communauté écologique en direction de ressources que seul ce groupe préfère.

5. Pêche coopérative et expérimentale

Il est tout au moins concevable qu'éventuellement, des entreprises de pêche individuelles achètent les droits de capturer des quantités déterminées de poisson (Christy 1973), tout en étant soumises à diverses contraintes, sans pour cela diminuer sérieusement les profits de l'initiative personnelle. Dans ce cas, il serait probablement à l'avantage de tous les pêcheurs de partager leurs données de prises sur base de temps réel.

Des rapports de prises sur base de temps réel peuvent devenir obligatoires si le système actuel de prises totales permissibles, de contingents nationaux par stocks et par régions, etc., est élargi pour traiter de questions comme celles d'espèces à action réciproque et de prises fortuites. Si cette approche doit être accompagnée d'une surveillance aérienne, d'une inspection à bord, etc., les difficultés logistiques et les coûts augmentent. Il est possible que l'approche soit déjà reconnue comme impraticable (Fukuda 1973). Ce serait alors un cas où l'on dépense des montants plus élevés qu'il ne faut, parce qu'un concept désuet — celui de pêches devant être gérées sur la base de stocks individuels — s'est infiltré dans la science. Au lieu d'une science qui répond aux besoins de la gérance, on verrait une gérance qui cherche à satisfaire des individus inflexibles dominant les cadres de la biologie des pêches, comme le souligne Fukuda.

De toute évidence, une recherche bien pensée portant sur diverses options science–gestion peut entraîner une réduction marquée des coûts des programmes scientifiques, comparativement à ce qui est parfois projeté du point de vue conventionnel.

On peut pousser plus loin la frugalité scientifique en considérant plus explicitement les opérations de pêche comme des expériences. Ceci ne veut pas dire que les pêcheurs doivent demander aux scientifiques de produire un équipement scientifique raffiné et élégant. Mais en partageant des vues et plans généraux entre les pêcheurs, les scientifiques et la gérance, on peut décider d'un commun accord de mettre à l'épreuve les diverses options et d'analyser scientifiquement les résultats. Il se fait déjà quelque chose dans ce sens, officieusement et à l'avantage de tous; malheureusement, les résultats sont rarement publiés et, pour cette raison, ne s'ajoutent pas à la somme des connaissances partagées et nous privent d'interactions fructueuses avec ce qui est déjà connu et partagé.

E. Face au défi: Organisation, programmes, facilités

Nous en sommes tous à un tournant important de l'histoire. Les porte-parole de plusieurs pays l'ont répété à maintes reprises aux conférences internationales, celles de l'environnement à Stockholm (1972), de la population à Bucarest (1974), du droit de la mer à Caracas (1974), de l'alimentation à Rome (1974), et autres. Il serait pathétique de s'y adapter simplement en modifiant à petites doses les méthodes d'approche conventionnelles des dernières décennies. De toute façon, cette possibilité a déjà été rayée au Canada (voir Section C) et ailleurs. La seule solution réaliste qui nous reste est de créer à nouveau, sans toutefois sacrifier des traditions qui ont encore beaucoup de valeur (Mumford 1970). Ceci s'applique à la science des ressources halieutiques comme à bien d'autres politiques et programmes nationaux.

Dans ces circonstances, il ne sert à rien de déterrer les morts et de placer le blâme sur les sciences et la gestion halieutiques en vogue jusqu'ici au Canada. Il vaudrait mieux s'efforcer de consolider ce que la science et l'expérience pratique ont déjà contribué, oublier les erreurs passées et considérer sérieusement les potentialités de nouveaux départs et de certains aspects négligés du travail passé.

Au Canada, certains chercheurs sur les côtes est et ouest, et sur les Grands lacs en sont venus à des conclusions qui s'accordent généralement: que les approches simplistes aux rendements soutenus maximum ou optimum sur la base de stocks individuels sont désuètes, ou le seraient sûrement devenues si on ne les avait pas déjà remplacées par des alternatives viables. Les recommandations qui découlent d'analyses, en grande partie indépendantes, d'événements régionaux passés et présents ne sont pas tellement différentes (e.g. Larkin 1972; Regier 1972; Dickie 1973). Ces perceptions, tout comme celles d'autres disciplines, doivent maintenant être organisées et orientées, en compétition ou en collaboration, pour créer une science qui servira durant les années 80 et plus tard.

C'est dans cet esprit que nous avons formulé quelques conclusions — sous une forme encore simple — à partir de nos propres analyses résumées aux Sections A–D. Les recommandations hautement prioritaires qui suivent peuvent et doivent toutes être mises en pratique plus ou moins en même temps. Nous élaborons certaines de ces recommandations

en utilisant les termes « unités » et « centres ». Fondamentalement, nous recommandons que les *fonctions* soient concrétisées sous forme d'institutions; comment ceci doit être réalisé est d'un intérêt secondaire.

D'une façon générale, les talents nécessaires existent déjà au gouvernement, dans les universités et institutions privées du Canada. Nous ne sommes pas convaincus que le pays ait besoin d'une augmentation *majeure* du nombre d'experts en ressources halieutiques. Nous recommandons fortement la mise en marche de programmes visant à mettre à la page et à revaloriser les connaissances des chercheurs déjà en poste et que, là où c'est nécessaire, les chercheurs soient orientés vers des tâches de plus haute priorité.

1. Priorité de la cartographie: Consolider à l'intérieur de bibliothèques régionales et mettre périodiquement à date l'information sur la répartition des ressources et de leur habitat, sur les stocks à divers stades de leur cycle biologique, sur les récoltes, sur les possibilités de récolte et autres paramètres socioéconomiques.

Les océanographes et les géographes ont mis en place d'importantes bibliothèques de cartes régionales. Quelques universités canadiennes et organismes gouvernementaux possèdent maintenant des collections de plusieurs milliers de cartes. On devrait faire appel à des experts dans ce domaine qui seraient chargés de découvrir et de grouper les cartes de pêche existantes et de les intégrer dans les bibliothèques de cartes régionales.

Un programme de mise à jour de cartes anciennes, là où elles existent, et de production d'une série balancée de cartes nouvelles devrait être entrepris sans plus tarder.

La photographie aérienne, depuis des avions de reconnaissance et de surveillance, ou des satellites, nous fournit un nombre considérable de « cartes » sur base temporelle précise. Des techniciens capables d'évaluer ce genre d'information pour le bénéfice de la gestion et des sciences halieutiques devraient être rattachés aux bibliothèques de cartes. Il sera nécessaire de poursuivre des recherches sur les méthodes de cartographie elles-mêmes.

Des unités de cartographie en pêcheries devraient être établies conjointement avec des bibliothèques de cartes océanographiques/géographiques régionales à chacun des endroits suivants: St-Jean, T.-N.; Halifax–Bedford; et Vancouver–Nanaïmo. Au minimum, le personnel de chaque centre devrait inclure un scientifique généraliste comme chef, un interprète en photographie, un cartographe et une secrétaire.

2. Priorité du contrôle continu: Dans les bureaux de pêcheries régionaux, consolider et maintenir toujours disponibles des séries de données continues sur les facteurs écologiques, économiques et sociaux qui auront une application particulière dans les années 1980.

Dans les pêches atlantiques, le besoin d'estimer un grand nombre de « prises totales admissibles » ou PTA (voir Section B) a stimulé l'organisation de séries de données continues sur les variables océaniques, les recensements au chalut et par des méthodes ultra-sonores, les prises, l'effort de pêche, etc. Sur la côte du Pacifique, les progrès dans ce sens en sont à différents stades avec les divers organismes internationaux. Sur les deux côtes, on peut dire que le statut actuel est hétérogène, et il est essentiel qu'on s'engage dès maintenant à rationaliser le tout.

Le mandat des unités de contrôle continu dans le domaine des pêches devrait reconnaître la probabilité que les présentes méthodes de l'ICNAF selon lesquelles un grand nombre de PTA doivent être estimées annuellement, seront probablement remplacées d'ici une dizaine d'années par des méthodes d'approche alternatives. Ces méthodes seront probablement aussi introduites sur la côte ouest; dans ce cas, la multitude d'organismes internationaux provisoires sera remplacée par une ou deux organisations plus complètes et plus efficaces. Ceci veut dire que les unités de contrôle continu devront s'adjoindre un groupe consultatif formé des officiers les plus progressifs de la gérance, de scientifiques spécialistes des ressources (écologistes et économistes), et de spécialistes en science politique qui contribueront à identifier les variables à contrôler.

Le personnel de ces unités devrait inclure un scientifique généraliste comme chef, un statisticien d'expérience, un spécialiste en informatique, un officier d'information et de liaison dont la fonction sera de maintenir un contact avec les organismes internationaux, nationaux et régionaux, un secrétariat et un personnel clérical approprié.

Les unités de cartographie et de contrôle continu pourront être réunies régionalement en des centres de services scientifiques. De toute façon, que ces groupes soient organisés séparément comme unités ou comme deux composantes d'un même centre, leur mandat devrait être établi en tenant compte des expériences des services météorologiques et hydrographiques.

3. Priorité des protocoles de gestion et de récolte: Consolider régionalement le personnel scientifique et de support nécessaire au calcul des PTA et, éventuellement, à la détermination des genres de protocoles de gestion et de récolte qui remplaceront probablement le présent système fondé sur les PTA.

Cette activité, en tant que fondée sur des vues et une information scientifiquement valides, relève nettement de la gestion. Le transfert de technologie, i.e. l'application d'une science nouvelle, est impliqué là où une science progressive contribue activement à l'amélioration du régime de récolte. Dans le cas où les connaissances scientifiques sont faibles, ou encore là où la science conventionnelle n'est pas très

respectée, les scientifiques devraient participer directement en aidant à l'organisation des protocoles de récolte à titre d'expériences, à supposer qu'on soit assuré d'une analyse et d'une évaluation appropriées.

Des centres de gestion et de protocole devraient être établis sur chaque côte en vue d'amasser l'information nécessaire à toutes les négociations importantes sur les pêches. À supposer que les trois « enveloppes » de la politique et de la prise de décision évoluent dans le même sens que l'intérêt canadien dans les pêches maritimes (i.e. océan international ouvert, mers du plateau continental sous gestion canadienne et mers nationales côtières), les centres de gestion et de protocole devront être sensibles aux besoins majeurs de ces trois « enveloppes ». Il est évident que les unités de cartographie et les unités de contrôle continu fourniront des renseignements aux centres de protocole et de gestion, mais ces unités ne devraient pas être formellement et complètement intégrées aux centres de protocole et de gestion. Une liaison étroite avec les centres de recherches en pêcheries (voir priorité suivante) doit être maintenue. Les organismes provinciaux de pêches devraient être invités à seconder les experts et à collaborer avec leurs homologues fédéraux dans les centres de gestion et de protocole.

Le système général doit être flexible de façon à pouvoir s'adapter aux changements futurs. Si les unités et les centres étaient formellement intégrés, il serait probablement difficile d'éviter une résistance aux changements qui pourraient se produire.

4. Priorité de la synthèse et de l'élaboration de modèles: Ayant à l'esprit une science transdisciplinaire applicable aux ressources, ont devrait établir au Canada trois ou quatre centres viables de recherches halieutiques. Au moyen de synthèses et élaboration de modèles, les centres devraient chercher à comprendre, à simuler et à expliquer les principaux événements et processus naturels et artificiels. Des modèles englobant des composantes sociales, économiques, écologiques et technologiques devraient couvrir, *inter alia*, le fonctionnement des marchés, les infrastructures sociales, les processus macroécologiques et les innovations technologiques. Une telle science aiderait à prédire les conséquences de diverses options de gestion concernant le poisson et autres aspects intéressants des systèmes aquatiques. De plus, cette science découvrirait des moyens efficaces pour mesurer le rendement des divers programmes gouvernementaux.

Un centre de recherches halieutiques devrait être établi sur chaque côte, un à St-Jean, (T.-N.)–Halifax–Bedford et l'autre à Nanaïmo–Victoria–Vancouver.

Les centres de recherches halieutiques des mers devraient être en étroite relation avec des centres semblables en eau douce. Il devrait y avoir un effort concerté vers une interaction efficace entre ces deux groupes de chercheurs. Il existe déjà des cadres à l'intérieur desquels les vues et les connaissances des deux groupes peuvent être mis en commun au grand avantage des deux. C'est ainsi que, dans l'intérêt des sciences halieutiques marines elles-mêmes, on devrait établir des centres de recherches en pêcheries d'eau douce, peut-être à Toronto–Burlington–Maple pour l'étude des Grands lacs et à Winnipeg pour l'étude des masses d'eau continentales plus petites. Éventuellement, un centre indépendant pourra également être établi pour l'océan Arctique.

Un centre de recherches halieutiques, bien que de responsabilité fédérale, devrait comprendre sur base formelle et continue une participation avec les organismes provinciaux, les universités, et les institutions et entreprises privées de recherches. Un petit comité de direction sous la présidence du directeur du centre serait peut-être un mécanisme approprié pour assurer une collaboration de ce genre. Les programmes des centres de recherches devraient être coordonnés par un scientifique supérieur recruté au pays, secondé par une petite équipe de planification, de programmation, de mesure de rendement et de coopération internationale.

D'une façon générale, l'approche scientifique devrait être conforme à celle du Programme canadien sur l'homme et la biosphère. L'identification ou le développement d'hypothèses prometteuses, *une perspective transdisciplinaire*, une simulation et expérimentation subséquentes, et la mise en application de conclusions fermes sont le noyau de ce processus.

La plus grande partie des recherches halieutiques du Canada devraient être *explicitement* liées aux programmes transdisciplinaires des centres de recherches. Certains aspects difficilement intégrables incluent la recherche entièrement innovatrice et spéculative, et le réexamen de certaines méthodes d'approche qui ont pu avoir été négligées dans le passé. Bien que les scientifiques qui se consacrent à des recherches spéculatives et rétrospectives doivent relever des directeurs des centres, il ne serait pas à l'avantage de la science à long terme, de les forcer tous à participer à des programmes planifiés et exécutés en collaboration.

Tenant compte de ce qui a été dit à la Section E, nous avons identifié une série de fonctions à confier à des unités et à des centres distincts et reconnaissables comme tels. Nous concevons ces fonctions comme impliquant des *foyers* d'activités et de responsabilités plutôt que des *frontières* les séparant les unes des autres. On ne pourra s'acquitter efficacement de ces responsabilités sans une collaboration appropriée.

5. Priorité d'une gestion expérimentale rendue plus facile: Les programmes et les infrastructures des organismes qu'on est en train de développer pour

remplacer le régime désuet de « propriété commune–accès libre–consentement volontaire » devront incorporer dans leurs cadres une capacité d'expérimentation planifiée et pratique. L'aide des spécialistes en science politique sera probablement essentielle à la réalisation de cette capacité.

Des expériences transdisciplinaires devraient servir à vérifier les hypothèses découlant des meilleurs renseignements possibles obtenus à partir de la préparation de cartes, du contrôle continu et de l'élaboration de modèles. Ces expériences devraient se poursuivre en coopération par un centre de protocole de récolte et un centre de recherches halieutiques, avec l'aide des unités de cartographie et de contrôle continu. Le centre de protocole de récolte devrait en avoir l'initiative.

Il est important que la « gestion expérimentale » ne soit pas un euphémisme pour des réactions opportunistes à des crises ou pour un processus de « tâtonnements et cafouillages ». Ces tactiques peuvent à l'occasion être pleinement justifiables, mais ne doivent pas être gratifiées de l'adjectif « expérimental ».

6. Priorité de la division du travail: Développer des méthodes de sélection appropriées, des stimulants, et des programmes de succession et de transfert pour trois classes principales dans la variété de main-d'oeuvre scientifique; les chercheurs dont le travail est dicté par les programmes, ceux dont le travail est à vocation thématique, ou enfin ceux dont le travail a un caractère spéculatif.

Aucune de ces classes ne devrait être considérée comme ayant un statut supérieur aux intérêts généraux des pêches canadiennes. Cependant, par suite de plus fortes exigences en formation, d'une certaine inertie vis-à-vis d'innovations professionnelles et éducationnelles, etc., il est possible qu'il se développe une rareté de main-d'oeuvre dans l'une ou l'autre de ces classes; des stimulants supplémentaires au recrutement peuvent alors être interprétés à tort comme signes d'un statut plus élevé. On peut minimiser des difficultés de ce genre en établissant des programmes d'enrichissement et de recyclage au profit d'employés ambitieux.

Plusieurs experts techniques n'aspirent pas à un haut palier de créativité, et certains succomberaient peut-être sous le poids de stimulants coercitifs. D'autres sont conceptuellement créateurs, mais ne possèdent pas une once d'esprit pratique. D'autres encore aiment assembler les morceaux d'un casse-tête scientifique afin d'y découvrir les grandes lignes d'un schéma même si la moitié des pièces n'existe pas encore. Dans ce mélange de travaux essentiels, il est facile de trouver des tâches appropriées pour chaque groupe.

La classe des scientifiques à vocation thématique qui ont atteint un certain degré de liberté transdisciplinaire est surtout celle qui aura la responsabilité de donner suite aux recommandations mentionnées plus haut — à supposer que ces recommandations soient approuvées. Les rôles que pourraient remplir les spécialistes de la recherche thématique incluraient celui de chef d'unité régionale de cartographie et de contrôle continu, ou encore certains postes supérieurs, y compris ceux de la planification et de la programmation dans les centres de protocole et de recherches régionaux.

Les experts scientifiques et techniques chargés des travaux dictés par les programmes exécuteraient la plupart des composantes unidisciplinaires à l'intérieur des programmes des unités de cartographie et de contrôle continu, et des centres de protocole et de recherches, et seconderaient dans leurs travaux les scientifiques indépendants.

Les scientifiques poursuivant des recherches spéculatives ou rétrospectives seront ordinairement des personnes d'expérience ou de haut calibre qui, grâce à leur excellent travail ou à leur talent créateur évident, ont acquis la liberté et les fonds nécessaires pour réinterpréter et réévaluer les travaux passés et explorer des voies nouvelles. Ces scientifiques devraient être attachés à des centres de recherches régionaux, prêtés aux universités, et en général devraient jouir de la plus grande liberté possible. Une contrainte importante à leur liberté devrait être un rigoureux système de critiques par leurs pairs en rapport avec tous les projets d'études. L'époque du chèque en blanc est disparue, du moins pour quelques décennies à venir.

Que les activités du chercheur soient dictées par les programmes ou aient une vocation thématique, le système de récompenses devrait inclure un stimulant significatif à l'initiative personnelle et à la créativité scientifique. Le système de récompenses des chercheurs qui se consacrent à la recherche spéculative reposera carrément sur leur créativité. Les chances de transfert devraient tenir compte de l'enrichissement et du recyclage appropriés réalisés par l'employé.

7. Priorité de la planification, exécution et publication des recherches: Pour préciser un thème sur lequel on est revenu souvent dans l'énoncé des priorités qui précède, la recherche devrait être mobilisée vers des programmes à objectifs clairs, adéquatement étudiés par les pairs, poursuivie selon des schédules planifiées et, enfin, les résultats doivent être publiés sans tarder.

Les critères de responsabilité applicables aux individus devraient en inclure un à l'effet que tout financement d'un scientifique responsable d'une étude dépendra d'une publication adéquate des travaux déjà financés, et ce, dans un temps raisonnable; il ne devrait y avoir exception que pour l'officier principal d'un centre ou d'une région, et ceci devrait être dûment consigné. On a permis à trop de

chercheurs canadiens, ces dernières décennies, de négliger le devoir qu'ils ont de publier de façon adéquate les résultats de leurs travaux.

Sur une plus grande échelle, l'obligation de tout centre de recherches régional de rendre des comptes devrait être reconnue, et on devra développer et appliquer de façon routinière des méthodes d'évaluation de son efficacité générale.

La planification et la prise de décision dans le domaine de la recherche devraient être faites dans une perspective transdisciplinaire. Quand on y arrivera, des chercheurs formés dans différentes disciplines seront plus disposés à travailler en collaboration et en groupe, plutôt qu'en compétition ou comme adversaires, comme ça été communément le cas dans de récents efforts « interdisciplinaires ». Les scientifiques individuels qui ne comprennent le paradigme que d'une discipline étroite, surtout s'ils sont de plus unilingues ou uniculturels, ne peuvent contribuer à la planification et à l'orientation générales du système de la recherche.

8. Priorité de la crédibilité scientifique: Clarifier les rôles sociopolitiques des divers organismes de recherches gouvernementaux, des sociétés scientifiques et des associations professionnelles. Par la suite, si nécessaire, développer des mécanismes de contre-balance afin d'empêcher que les sciences halieutiques ne soient détournées vers d'autres fins nationales, politiques ou personnelles.

Les intérêts nationaux, l'intérêt personnel à court terme des scientifiques à forte personnalité ou un conservatisme aveugle peuvent tous conduire à une subversion de la science. Les polémiques récentes sur des questions telles que la relation entre la radioactivité du milieu et le cancer, la cigarette et les maladies respiratoires, les détergents à base de phosphate et l'eutrophisation, l'intensité de la pêche et le déclin des espèces, etc., démontrent clairement que les scientifiques peuvent différer d'opinion. Bien sûr, on peut mettre de côté l'objectivité scientifique au profit de buts personnels, régionaux ou nationaux. On a passablement grommelé sur cette question; il nous faut maintenant l'envisager de façon créatrice.

Le temps est peut-être venu d'organiser un institut professionnel des pêches au Canada, dont les fonctions seraient de breveter les experts, mettre au point des programmes permettant d'enrichir leur compétence technique et appliquer un code de morale professionnelle. Il faut admettre que certains groupes professionnels canadiens s'acquittent plutôt mal de cette dernière responsabilité. Il faudrait donc spécifier, dans la charte d'un tel institut professionnel, des mécanismes et procédures efficaces de responsabilité.

On devrait considérer, tant pour l'Atlantique Nord que pour le Pacifique Nord, une société scientifique internationale dans laquelle la science halieutique serait considérée à son propre mérite et ne serait pas facilement influencée par les intérêts politiques. Les institutions existentes, telles que le Conseil international pour l'exploration de la mer, le Pacific Science Congress, de même que des colloques périodiques organisés conjointement par divers corps internationaux, ne peuvent remplacer adéquatement des sociétés scientifiques mûres.

9. Priorité des navires de recherches: Le Canada devrait acquérir de nouveaux navires afin d'atteindre une capacité logistique pour la recherche au moins égale à celle des autres pays pratiquant la pêche dans les mers du plateau continental du Canada.

Les navires de recherches canadiens sont en grande partie désuets. Nous n'avons pas ce qu'il faut pour pratiquer efficacement le chalutage par l'arrière avec divers engins pélagiques. Les techniques ultrasonores modernes sont plutôt adaptées aux navires actuels qu'inclues dans les plans originels. De plus, nous ne pouvons pas travailler efficacement en hiver sur l'important stock de morues du large de la côte orientale de Terre-Neuve et du Labrador, ni poursuivre des recherches dans les eaux profondes au large des plateaux continentaux.

Comme conclusion, les priorités que nous énonçons doivent évidemment être intégrées aux autres recommandations découlant d'études connexes effectuées sous l'égide de l'Office des recherches sur les pêcheries, de même qu'aux recommandations de divers groupes régionaux de planification stratégique. Certains détails administratifs ou autres que nous avons élaborés pour chacun des concepts de base de nos recommandations s'avèreront sans doute inappropriés. Néanmoins, nous jugeons important de les inclure pour leur intérêt général.

Il serait malheureux que des différences d'opinion sur les détails soient un empêchement à des progrès rapides. Plusieurs scientifiques et administrateurs ont participé à diverses initiatives de planification des pêches au Canada au cours des 5 dernières années. Il est possible qu'ils partagent dans leurs grandes lignes les opinions que nous émettons dans cette étude. Si tel est le cas, une action concertée s'impose. La plupart des experts scientifiques et techniques en pêches attendent avec impatience de nouvelles et d'importantes initiatives.

Remerciements

À tous les stades de notre étude, nous avons consulté les membres et le personnel de l'Office des recherches sur les pêcheries, qui nous ont aidés à plusieurs reprises. Les idées du début se précisèrent par des discussions et par une étude des publications sur le sujet. Seuls ou ensemble, nous avons ensuite, McCracken et Regier, visité les experts de l'industrie, les laboratoires et bureaux des pêches à Saint-Jean, T.-N., Halifax, St. Andrews, Vancouver et Nanaïmo

au Canada, ainsi que les laboratoires de Wood's Hole et de Seattle aux États-Unis, d'Aberdeen en Écosse, de Lowestoft en Angleterre et de Charlottenlund au Danemark. Nous avons rencontré des groupes multidisciplinaires de scientifiques académiques à Saint-Jean, T.-N., Halifax, Vancouver et Seattle.

En 1973–74, nous avons eu des contacts directs avec des groupes agissant sous d'autres auspices mais intéressés à la planification des recherches en écologie aquatique, en ressources renouvelables et sur les relations entre l'homme et les ressources. Les groupes ayant une relation avec notre mandat comprennent l'ICNAF, le Comité consultatif de la FAO sur la recherche en ressources marines, le Conseil international pour l'exploration de la mer, le Programme de l'UNESCO sur l'homme et la biosphère, l'Institut international d'analyses systémiques appliquées, l'Institut d'écologie et la Conférence de Bucarest sur la population mondiale, tous au niveau international. De plus, nous avons eu des contacts avec le personnel de la Direction de la planification stratégique du Service des pêches et des sciences de la mer aux niveaux régionaux de même qu'avec la Direction générale des pêches internationales sur des questions concernant la Troisième conférence sur le droit de la mer.

Après plusieurs entrevues, discussions et échanges de vues, nous avons passé en revue et révisé nos hypothèses, et consulté de nouveau la littérature — plus en détail cette fois — pour enfin produire ce rapport. Les versions antérieures ont été l'objet de critiques de la part du Comité de la gestion des ressources aquatiques renouvelables de l'Office des recherches sur les pêcheries. Le contenu éventuel de ce rapport est toujours demeuré la responsabilité des auteurs, dans leur rôle de scientifiques.

Nous remercions sincèrement, pour leur aide spéciale, le comité de l'Office des recherches sur les pêcheries formé de P. A. Larkin, K. F. Harding, P. Russell et S. Sinclair; les officiers de l'Office J. R. Weir et W. R. Martin; les scientifiques du Service des pêches et des sciences de la mer J. F. Caddy, K. S. Ketchen, A. W. May, W. C. MacKenzie et B. S. Muir.

Cette étude a été poursuivie sous les auspices de l'Office des recherches sur les pêcheries du Canada.

Références

ALVERSON, D. L., AND G. J. PAULIK. 1973. Objectives and problems of managing aquatic resources. J. Fish. Res. Board Can. 30: 1936–1947.

ANON. 1975. Panel urges new wildlife management. Sci. News 107: 237 p.

BANFIELD, A. W. F. 1972–73. Environmental impact studies for the proposed northern gas pipeline. Wilfrid Laurier Univ., Waterloo, Ont. Geogr. Inter-Univ. Resour. Manage. Semin. 3: 143–153.

BARANOV, F. I. 1918. On the question of the biological basis of fisheries Nauchno-Issled Ikhtiol. Inst., Izv. 1: 81–128.

BEAULNES, A. 1974. Government and science policy in the 1970s. J. Fish. Res. Board Can. 31: 1278–1280.

BELL, F. H., AND A. T. PRUTER. 1958. Climatic temperature changes and commercial yields of some marine fisheries. J. Fish. Res. Board Can. 15: 625–683.

BEVERTON, R. J. H., AND S. J. HOLT. 1957. On the dynamics of exploited fish populations. Fish. Invest. Minist. Agric. Fish. Food (G.B.) Ser. II, 19: 533 p.

BLACK, W. A., AND J. W. MAXWELL. 1972. Resource utilization: change and adaptation, p. 73–136. *Dans* A. G. Macpherson [ed.] The Atlantic provinces. Studies in Canadian geography. Univ. Toronto Press, Toronto, Ont. xii + 182 p.

BOGDANOV, A. S., AND K. G. KONSTANTINOV. 1973. Fishery regulations in the ICNAF area. J. Fish. Res. Board Can. 30: 2436–2443.

BORGSTROM, G. 1974. The food–population dilemma. Ambio 3: 106–108.

BROWN, L. 1974. In the human interest. Norton and Co., New York, N.Y. 190 p.

BRYSON, R. A. 1974. A perspective on climatic change. Science 184: 753–760.

BURKENROAD, M. F. 1948. Fluctuations in abundance of Pacific halibut. Bull. Bingham Oceanogr. Collect. 11: 81–129.

CAMPBELL, B. A. 1973. License limitation regulations: Canada's experience. J. Fish. Res. Board Can. 30: 2070–2076.

CARLANDER, K. D. 1955. The standing crop of fish in lakes. J. Fish. Res. Board Can. 12: 543–570.

CHAMBERS, A. D. 1973. The systems approach to resource allocation. Sci. Counc. Can. Spec. Stud. 27: 37–66.

CHANT, D. A., AND H. A. REGIER. 1972. A challenge to the traditional Western view of development. Sci. Forum 5: 3–6.

CHEVALIER, M., AND T. BURNS. 1975. A field concept of public management. Ottawa: Environ. Can., Adv. Concepts Cent. 54 p. (Mimeo)

CHRISTY, F. T. JR. 1973. Fisherman quotas: A tentative suggestion for domestic management. Law of the Sea Inst., Univ. Rhode Island, Occ. Pap. 19: 7 p.

1974. Disparate fisheries: problems for the Law of the Sea Conference and beyond. Ocean Dev. Int. Law J. 1: 337–353.

CLEMENS, W. A. 1956. Some historical aspects of the fisheries resources of British Columbia. Trans. 9th British Columbia Resour. Conf. p. 119–130.

COOPERATIVE RESEARCH REPORT No. 37. 1974. Survey of fish resources in the north-east Atlantic. Int. Counc. Explor. Sea 111 p.

COPES, P. 1972. The resettlement of fishing communities in Newfoundland. Can. Counc. Rural Dev. 259 p.

CRUTCHFIELD, J. A., AND A. ZELLNER. 1963. Economic aspects of the Pacific halibut fishery. Fish. Ind. Res. 1: 173 p.

CUSHING, D. H. 1973. Dependence of recruitment on parent stock. J. Fish. Res. Board Can. 30: 1965–1976.

DAVIS, J. 1973. Managing our oceans for mankind. J. Fish. Res. Board Can. 30: 1928–1930.

DICKIE, L. M. 1973. Interaction between fishery management and environmental protection. J. Fish. Res. Board Can. 30: 2496–2506.

DOUGLAS, J. H. 1975. Harvesting the wild. Sci. News 107: 259–261.

EDDIE, G. C., AND A. D. INSULL. 1973. Impact of technical development on the problems and opportunities in world fisheries and their management. J. Fish. Res. Board Can. 30: 2490–2495.

EDELMAN, M. S., AND I. I. DOKUCHAEV. 1973. Development of national quotas by the International Commission for the Northwest Atlantic. J. Fish. Res. Board Can. 30: 2427–2435.

EIPPER, A. W. 1964. Growth, mortality rates, and standing crops of trout in New York farm ponds. Cornell Univ. Agric. Exp. Stn. Mem. 388: 67 p.

FAO. 1974. Population, food supply and agricultural development. Bucharest World Popul. Conf. Background Pap. E/CONF.60/CBP/25: 27 p.

FINKLE, P. Z. R. 1974a. Realities of environmental management: the case of marine fisheries. Queen's Q. 81: 240–246.

1974b. The International Commission for the Northwest Atlantic Fisheries: An experiment in conservation. Dalhousie Law J. 1: 526–550.

FORNEY, J. L. 1971. Development of dominant year classes in a yellow perch population. Trans. Am. Fish. Soc. 100: 739–749.

FOX, I. K. 1975. Canadian policy development for management of environmental resources. Vancouver: Univ. British Columbia Westwater Res. Cent. 63 p. (Mimeo)

FRY, F. E. J. 1949. Statistics of a lake trout fishery. Biometrics 5: 27–67.

FUKUDA, Y. 1973. A gap between theory and practice. J. Fish. Res. Board Can. 30: 1986–1991.

GARROD, D. J. 1973. Management of multiple resources. J. Fish. Res. Board Can. 30: 1977–1985.

GIBBONS, M., AND R. VOYER. 1974. A technology assessment system: a case study of east coast offshore petroleum exploration. Sci. Counc. Can., Spec. Stud. No. 30. 114 p.

GODFREY, H. 1965. Salmon of the North Pacific Ocean. Part IX. Coho, chinook and masu salmon in offshore waters. I. Coho salmon. Int. North Pac. Fish. Comm., Bull. 18: 1–39.

GOODWIN, C. E. 1974. Environmental impact assessment — a review. Bull. Conserv. Counc. Ont. 21: 17–24.

GULLAND, J. A. 1974. The management of marine fisheries. Scientechnice Publishers Ltd., Bristol. 198 p.

HACKNEY, P. A., AND C. K. MINNS. 1974. A computer model of biomass dynamics with implications for its use in fishery management. Trans. Am. Fish. Soc. 103: 215–225.

HAIG-BROWN, R. 1974. The salmon : Environ. Can. Fish. Mar. Serv. 79 p.

HART, J. L. 1973. Pacific fishes of Canada. Bull. Fish. Res. Board Can. 180: 740 p.

HAYES, F. R. 1973. The chaining of Prometheus: Evolution of a power structure for Canadian Science. Univ. Toronto Press, Toronto, Ont. xix + 217 p.

HENDERSON, H. F., R. A. RYDER, AND A. W. KUDHONGONIA. 1973. Assessing fishery potentials of lakes and reservoirs. J. Fish. Res. Board Can. 30: 2000–2009.

HENNEMUTH, R. C. 1973. Management of sea fisheries in the Northwest Atlantic. J. Fish. Res. Board Can. 30: 2444–2451.

HERRINGTON, W. C. 1936. Decline in haddock abundance on Georges Bank and a practical remedy. Bur. Fish. U.S. Dep. Comm., Fish Circ. 23: 22 p.

1941. A crisis in the haddock fishery. Fish Wildl. Serv., U.S. Dep. Int., Circ. 4: 14 p.

HEYERDAHL, E. G., AND M. D. GROSSLEIN. 1974. Status of pre-recruit abundance estimates for major species in ICNAF Subareas 5 and 6. ICNAF Res. Doc. 33. (authors' permission)

HOURSTON, W. R. 1972. The herring fishery: potential for expansion. Fish. Serv., Pac. Reg. 11 p.

INTERNATIONAL COMMISSION FOR THE NORTHWEST ATLANTIC FISHERIES. Standing Committee on Research and Statistics Proceedings — Part 1, 1971, 1972, 1973.

INTERNATIONAL COMMISSION FOR THE NORTHWEST ATLANTIC FISHERIES. Redbook, 1974.

INTERNATIONAL COMMISSION FOR THE NORTHWEST ATLANTIC FISHERIES. Statistical Bulletins 1–22, 1951–72.

JENKINS, R. M. 1970. The influence of engineering design and other environmental factors on reservoir fishery resources. J. Am. Water Res. Assoc. 16: 110–119.

JOSEPH, J. 1970. Management of tropical tunas in the eastern Pacific ocean. Trans. Am. Fish. Soc. 99: 629–648.

KASAHARA. H., AND W. BURKE. 1973. North Pacific fisheries management resources for the future program of international studies of fishery arrangements. Pap. 2: 91 p.

KERR, S. R., AND N. V. MARTIN. 1970. Trophic-dynamics of lake trout production systems, p. 365–376. *Dans* J. H. Steele [ed.] Marine Food Chains. Oliver and Boyd, Edinburgh.

KESTEVEN, G. L. 1972. Management of the exploitation of fishery resources, p. 229–261. *Dans* B. J. Rothschild [ed.] World fisheries policy: Multidisciplinary views. Univ. Washington Press, Seattle, Wash. xix + 272 p.

KETCHEN, K. S. 1956. Climatic trends and fluctuations in yield of marine fisheries of the Northeast Pacific. J. Fish. Res. Board Can. 13: 357–374.

KITCHELL, J. F., J. F. KOONCE, R. V. O'NEIL, H. H. SHUGART JR., J. J. MAGNUSON, AND R. S. BOOTH. 1974. Model of fish biomass dynamics. Trans. Am. Fish. Soc. 103: 786–798.

LARKIN, P. A. 1970. Management of Pacific salmon in North America, p. 223–236. *Dans* N. G. Benson [ed.] A Century of Fisheries in North America. Am. Fish. Soc. Spec. Publ. 7: 330 p.

1971. Simulation studies of Adams River sockeye salmon (*Oncorhynchus nerka*). J. Fish. Res. Board Can. 28: 1493–1502.

1972. A confidential memorandum on fisheries science, p. 189–197. *Dans* B. J. Rothschild [ed.] World fisheries policy: Multidisciplinary views. Univ. Washington Press, Seattle, Wash. xix + 272 p.

1974. (Avec annexes par B. A. Campbell and C. H. Clay.) Play it again Sam — an essay in salmon enhancement. J. Fish. Res. Board Can. 31: 1433–1459.

LARKIN, P. A. ET AL. 1970. This land is their land. Sci. Counc. Can. Rep. 9: 41 p.

LARKIN, P. A., AND W. E. RICKER. 1964. Canada's Pacific marine fisheries — past performance and future prospects. Trans. 15th British Columbia Nat. Resour. Conf. p. 194–268.

LARKIN, P. A., AND N. J. WILIMOVSKY. 1973. Contemporary methods and future trends in fishery management and development. J. Fish. Res. Board Can. 30: 1948–1957.

LAURIE, A. H., AND J. F. RAHRER. 1972. Lake Superior: effects of exploitation and introductions on the salmonid community. J. Fish. Res. Board Can. 29: 765–776.

LEIM, A. H., AND W. B. SCOTT. 1966. Fishes of the Atlantic coast of Canada. Bull. Fish. Res. Board Can. 155: 485 p.

LOFTUS, K. H., AND H. A. REGIER [ed.]. 1972. Proceedings of the Symposium on Salmonid Communities in Oligotrophic Lakes. J. Fish. Res. Board Can. 29: 613–986.

LOTKA, A. J. 1925. The elements of physical biology. Williams and Wilkins, Baltimore, Md. (Republished in 1956 as "Elements of mathematical biology," Dover Publ., New York, N.Y. xxx (470 p.)

LUCAS, C. E. 1973. Scientific advice to fisheries bodies. J. Fish. Res. Board Can. 30: 1958–1964.

LUCAS, C. E. et al. 1974. The scientific advisory function in international fishery management and development bodies. Report of ACMRR Working Party. FAO Fish. Rep. No. 142, Suppl. 1, ix + 14 p.

MACKENZIE, W. C. 1973. Reconciling conflicts among different economic interest groups in the management of fisheries. J. Fish. Res. Board Can. 30: 2065–2069.

1974. Conceptual aspects of strategic planning for fishery management and development. J. Fish. Res. Board Can. 31: 1705–1712.

MACPHERSON, A. G. 1972. People in transition: The broken mosaic, p. 46–72. *Dans* A. G. MacPherson [ed.] The Atlantic Provinces. Studies in Canadian Geography. Univ. Toronto Press, Toronto, Ont.

MANZER, J. I., T. ISHIDA, A. E. PETERSON, AND M. G. HANDVAN. 1965. Salmon of the North Pacific ocean, Part V. Offshore distribution of salmon. Int. North Pac. Fish. Comm. Bull. 15: 452 p.

MARGOLIS, L., F. C. CLEAVER, Y. FUKUDA, AND H. GODFREY. 1966. Salmon of the North Pacific Ocean, Part VI. Sockeye salmon in offshore waters. Int. North Pac. Fish. Comm. Bull. 20: 70 p.

MARR, J. C. 1973. Management and development of fisheries in the Indian Ocean. J. Fish. Res. Board Can. 30: 2312–2320.

MASON, J. E. 1965. Salmon of the North Pacific Ocean, Part IX. Coho, chinook and masu salmon in offshore waters. 2. Chinook salmon. Int. North Pac. Fish. Comm. Bull. 16: 73 p.

MCCRACKEN, F. D. 1958. On the biology and fishery of the Canadian Atlantic halibut, *Hippoglossus hippoglossus*. J. Fish. Res. Board Can. 15: 1269–1311.

MEYBOOM, P. 1974. In-house vs contractual research: the federal Make-or-Buy Policy. Can. Public. Adm. 17: 563–585.

MILLER, D. S., AND R. G. HALLIDAY. 1974. An assessment of the 4x–4wb herring stock. ICNAF Res. Doc. 13: 1–38.

MÖCKLINGHOFF, G. 1973. Management and development of fisheries in the North Atlantic. J. Fish. Res. Board Can. 30: 2402–2418.

MUMFORD, L. 1970. The Myth of the Machine, Vol. 2. The Pentagon of Power. Harcourt, Brace, Jovanovich, New York, N.Y. 496 p.

NEAVE, F., T. ISHIDA, AND S. MARAI. 1967. Salmon of the North Pacific Ocean, Part VII. Pink salmon in offshore waters. Int. North Pac. Fish. Comm. Bull. 22: 39 p.

NEEDLER, A. W. H. 1973. Chairman's summary of the highlights of the Conference. J. Fish. Res. Board Can. 30(12, 2): 2508–2511.

NILSSON, N.-A. 1967. Interactive segregation between fish species, p. 295–313. *Dans* S. D. Gerking [ed.] The biological basis of freshwater fish production. Blackwell, Oxford.

NORTHCOTE, T. G., AND P. A. LARKIN. 1956. Indices of productivity in British Columbia lakes. J. Fish. Res. Board Can. 13: 515–540.

OECD 1970. The measurement of scientific and technical activities. Organ. Econ. Coop. Dev. DAS/SPR/70.40: 77 p.

ONTARIO MINISTRY OF NATURAL RESOURCES. 1972. A guide to organization and management systems. 49 p.

OSTROM, V., AND E. OSTROM. 1971. A political theory for institutional analysis, p. 173–186. *Dans* F. A. Butrico, C. J. Touhil, and I. L. Whitman [ed.] Resource Management in the Great Lakes Basin. Heath Lexington Books, Lexington, Mass. xiii + 190 p.

PAULIK, G. J. 1972. Fisheries and the quantitative revolution, p. 219–288. *Dans* B. J. Rothschild [ed.] World fisheries policy: multidisciplinary views. Univ. Washington Press, Seattle, Wash.

PIMLOTT, D. H., C. J. KERSWILL, AND J. R. BIDER. 1971. Scientific activities in fisheries and wildlife resources. Sci. Counc. Can. Spec. Stud. No. 15: 191 p.

RAWSON, D. S. 1955. Morphometry as a dominant factor in the productivity of large lakes. Verh. Int. Ver. Limnol. 12: 164–175.

REGIER, H. A. 1972. Community transformation — some lessons from large lakes. Univ. Washington Publ. Fish., N.S. 5: 35–40.

1973a. Sequence of exploitation of stocks in multispecies fisheries in the Laurentian Great Lakes. J. Fish. Res. Board Can. 30: 1992–1999.

1973b. The dynamics of fish populations, fish communities, and aquatic ecosystems: a framework of alternative approaches. *Dans* J. A. Gulland [ed.] The population dynamics of fishes. John Wiley, London.

1974a. Fishery ecology: a perspective for the near future. J. Fish. Res. Board Can. 31: 1303–1306.

1974b. Ends and beginnings. Trans. Am. Fish. Soc. 103: 406–410.

1975. Fishery regimes: the roles of slogans and of science. Univ. Toronto Press, Toronto, Ont. (Sous presse)

REGIER, H. A., P. L. BISHOP, AND D. J. RAPPORT. 1974. Planned trans disciplinary approaches: renewable resources and the natural environment, particularly fisheries. J. Fish. Res. Board Can. 31: 1683–1703.

REGIER, H. A., AND W. L. HARTMAN. 1973. Lake Erie's fish community: 150 years of cultural stresses. Science 180: 1248–1255.

REGIER, H. A., AND H. F. HENDERSON. 1973. Towards a broad ecological model of fish communities and fisheries. Trans. Am. Fish. Soc. 102: 56–72.

REGIER, H. A., AND K. H. LOFTUS. 1972. Effects of fisheries exploitation on salmonid communities in oligotrophic lakes. J. Fish. Res. Board Can. 29: 929–968.

RICKER, W. E. 1948. Methods of estimating vital statistics of fish populations. Indiana Univ. Publ. Sci. Ser. 15: 101 p.

1954. Stock and recruitment. J. Fish. Res. Board Can. 11: 559–623.

1958. Handbook of computations for biological statistics of fish populations. Bull. Fish. Res. Board Can. 119: 300 p.

RICKER, W. E., AND E. P. WEEKS [ed.]. 1973. FAO Technical Conference on Fishery Management and Development. J. Fish. Res. Board Can. 30: 1921–2537.

ROSENBERG, D. 1974. James Bay update. Alternatives 4: 4–9.

RYDER, R. A. 1965. A method for estimating the potential fish production of north-temperate lakes. Trans. Am. Fish. Soc. 94: 214–218.

RYDER, R. A., S. R. KERR, K. H. LOFTUS, AND H. A. REGIER. 1974. The morphoedaphic index, a fish yield estimator — review and evaluation. J. Fish. Res. Board Can. 31: 663–688.

RYTHER, J. H. 1969. Photosynthesis and fish production in the sea. Science 166: 72–76.

SCATTERGOOD, L., AND S. N. TIBBO. 1951. The herring fishery of the northwest Atlantic. Bull. Fish. Res. Board Can. 121: 42 p.

SCHAEFER, M. B. 1954. Some aspects of the dynamics of population important to the management of commercial marine fisheries. Bull. Inter-Am. Trop. Tuna Comm. 1: 27–56.

1957. A study of the dynamics of the fishery for yellow fin tuna in the eastern tropical Pacific Ocean. Bull. Inter-Am. Trop. Tuna Comm. 2: 247–285.

SHEPARD, M. P., A. C. HARTT, AND T. YONEMORI. 1968. Salmon of the north Pacific ocean, Part VIII. Chum salmon in offshore waters. Int. North Pac. Fish. Comm. Bull. 25: 69 p.

SHEPARD, M. P., AND J. C. STEVENSON. 1956. Abundance, distribution and commercial importance of the fisheries resources of Canada's west coast. Trans. 9th British Columbia Resour. Conf. p. 131–191.

SKUD, B. C. 1973. Management of the Pacific halibut fishery. J. Fish. Res. Board Can. 30: 2393–2398.

STEWART, R. W., AND L. M. DICKIE. 1971. Ad Mare: Canada looks to the Sea. Sci. Counc. Spec. Stud. No. 16: 173 p.

STRONG, M. 1975. We can cure our ailing world. Toronto Star, Jan. 6, 1975. p. C.3.

SUTCLIFFE, W. H. JR. 1973. Correlations between seasonal river discharge and local landings of American lobster (*Homarus americanus*) and Atlantic halibut (*Hippoglossus hippoglossus*) in the Gulf of St. Lawrence. J. Fish. Res. Board Can. 30: 856–859.

SUTCLIFFE, W. H. JR., R. LOUCKS, AND K. DRINKWATER. 1974. Possible relationship of ocean circulation to fish production on the Scotian Shelf and in the Gulf of Maine. ICNAF Res. Doc. 75/9, Ser. 3451.

SWINGLE, H. S. 1950. Relationships and dynamics of balanced and unbalanced fish populations. Ala. Polytech. Inst., Agric. Exp. Stn., Bull. 274: 74 p.

TANG, Y. A. 1970. Evaluation of balance between fishes and available fish foods in multi-species fish culture ponds in Taiwan. Trans. Am. Fish. Soc. 99: 708–718.

TEMPLEMAN, W. 1966. Marine resources of Newfoundland. Bull. Fish. Res. Board Can. 154: 170 p.

THOMPSON, A. R., AND H. R. EDDY. 1973. Jurisdictional problems in natural resource management in Canada. Sci. Counc. Can. Spec. Stud. 27: 67–96.

THOMPSON, W. F. 1952. Condition of stocks of halibut in the Pacific. J. Cons. Perma. Int. Explor. Mer 18: 141–166.

VALLENTYNE, J. R. [ed.] 1974. Proceedings of "The Way Ahead" Symposium. J. Fish. Res. Board Can. 31: 1269–1322.

VOLTERRA, V. 1928. Variations and fluctuations of the number of individuals in animal species living together. J. Cons. Int. Explor. Mer 3: 3–51.

WELCOMME, R. L. 1974. The fisheries ecology of African floodplains. FAO Rome, FI:FSSZ/74/4: 40 p.